



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ELÉCTRICA

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMPRAVENTA DE  
AUTOMÓVILES

## **DOCUMENTO 1: MEMORIA**

Oscar Pardiñas García

Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, Noviembre de 2011



## INDICE

1. OBJETO	3
2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	3
3. NORMATIVA	4
4. FORMA DE SUMINISTRO	5
5. PREVISIÓN DE CARGAS	5
6. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN	6
7. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN	6
7.1. Descripción de la instalación.	6
7.1.1. Distribución de los cuadros.	6
7.1.2. Cuadro general de distribución.	7
7.2. Aplicación de la reglamentación.	7
7.2.1. Alumbrado de emergencia.	7
7.2.1.1. Alumbrado de seguridad.	8
7.2.1.2. Alumbrado de reemplazamiento.	9
7.2.2. Prescripciones de carácter general.	9
7.2.3. Prescripciones complementarias.	11
7.3. Otras instalaciones.	11
7.3.1. Instalaciones en cuartos de baño.	11
7.3.2. Batería de condensadores.	12
7.4. Instalación de alumbrado.	12
7.4.1. Alumbrado interior.	15
7.4.2. Alumbrado exterior.	19
7.4.3. Alumbrado emergencias.	21
7.5. Protecciones.	22
7.5.1. Introducción.	22
7.5.2. Protección contra sobrecargas.	22
7.5.3. Protección contra cortocircuitos.	23
7.5.4. Selectividad y filiación entre protecciones	24
7.5.5. Protección de las personas.	24
7.5.5.1. Protección contra contactos directos.	25
7.5.5.2. Protección contra contactos indirectos.	25
8. SOLUCIÓN ADOPTADA	27
8.1. Cuadro general de distribución.	28
8.2. Cuadro auxiliar TCP.	32
8.3. Cuadro auxiliar TME.	36
8.4. Cuadro auxiliar O.	39
8.5. Cuadro auxiliar IE.	36
8.6. Cuadro auxiliar CT.	40



9. COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	41
9.1. Introducción.	41
9.2. Necesidad de compensar el factor de potencia.	41
9.3. Métodos de compensación.	42
9.4. Solución adoptada.	43
10. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	44
10.1. Introducción.	44
10.1.1. Objetivo de la puesta a tierra.	44
10.1.2. Partes de la puesta a tierra.	45
10.2. Elementos a conectar a la toma de tierra.	48
10.3. Solución adoptada.	48
11. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	49
11.1. Introducción.	49
11.2. Emplazamiento.	49
11.3. Características generales del centro de transformación.	50
11.3.1. Características de la caseta prefabricada.	50
11.3.2. Accesos.	51
11.3.3. Materiales de seguridad y primeros auxilios	51
11.4. Características de las celdas.	51
11.4.1. Celda de línea.	52
11.4.2. Celda de protección.	52
11.4.3. Celda de medida.	53
11.5. Características del transformador.	53
11.5.1. Características generales del transformador.	53
11.5.2. Características eléctricas.	53
11.6. Interconexión celda – transformador.	54
11.7. Características de la red de alimentación.	54
11.8. Cuadro general de baja tensión.	54
11.9. Instalación de puesta a tierra.	54
11.9.1. Introducción.	54
11.9.2. Aspectos a tener en cuenta en el cálculo.	55
11.9.3. Investigación de las características del suelo.	57
11.9.4. Distancias.	57
11.9.5. Aparatos de Media Tensión.	57
11.9.6. Aislamiento.	58
11.9.7. Solución adoptada.	58
11.10. Instalaciones secundarias en el centro de transformación.	59
12. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	61
13. BIBLIOGRAFÍA	63

## 1. OBJETO

Este proyecto tiene por objeto la instalación eléctrica en baja tensión de una compraventa de automóviles que va a ser situado en la **parcela 739 del polígono 2 en el municipio de Olza, población de Arazuri**.

Dicha compraventa de automóviles estará dedicada a la venta y reparación de vehículos. Esta edificación estará integrada en un **terreno de 13132 m<sup>2</sup>**.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.

Las instalaciones constan de las siguientes partes según el tipo de utilización:

- **Edificio Talleres:** Compuesto por Taller de Chapa y Pintura, Taller de Mecánica y Electricidad.
- **Edificio Oficinas:** Compuesto por Sala de Reuniones, Sala de Espera/Hall, Cambiadores, WC1, WC2, Recepción, Admisión, Administración, Oficinas, Archivo.
- **Zona Exposición:** Amplia zona de Exposición en la que se encuentran los vehículos a la venta.
- **Centro de Transformación**

La relación de superficies de las zonas del edificio viene dada a continuación:

### Edificio talleres

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )
Taller de Chapa-Pintura	965.7
Taller de Mecánica-Electricidad	965.7

### Edificio Oficinas

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )
Sala de Reuniones	36.9
Sala de Espera/Hall	30.8
Cambiadores	10.7
Pasillo aseos	5.7
WC1	3.8
WC2	3.8
Recepción, Admisión, Administración	53.4
Oficina 1	19.0
Oficina 2	19.0
Oficina 3	19.0
Archivo	16.6

### Zona de Exposición

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )
Zona de Exposición	4758



### 3. NORMATIVA

- Código técnico de la edificación. Real Decreto 314/2006.
- Normas particulares de la compañía suministradora Iberdrola.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica. (Real Decreto 1075/1986, de 2 de mayo de 1986).
- Real Decreto 208/2005 de 25 febrero sobre aparatos eléctricos o electrónicos y la gestión de sus residuos.
- Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre, Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias.
- Normas UNE de obligado cumplimiento que se encuentran incluidas en el reglamento y demás normas de obligado cumplimiento.
- Recomendaciones UNESA.
- Ordenanzas y normas municipales.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 39/1997 reglamento de los servicios de prevención.
- Ley 31/1995 de 8 noviembre de prevención de riesgos laborales.
- Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

#### 4. FORMA DE SUMINISTRO

Empresa suministradora: IBERDROLA.

Una vez establecida la preceptiva consulta con la empresa suministradora de energía, esta nos fijó el punto de enganche.

La tensión de alimentación será en **alta tensión con una transformación, 13200/400V**, con centro de transformación propio.

Se ha previsto el suministro de energía en forma de corriente trifásica, con neutro, siendo la **tensión disponible entre fases de 400V**, a través del centro de transformación propio.

#### 5. PREVISIÓN DE CARGAS

La relación de potencias prevista, tanto en fuerza como en alumbrado es la siguiente:

**Fuerza:**

- Cabina pintura 1.....	8500 W
- Cabina pintura 2.....	8500 W
- Elevadores de coches (8 unidades x 6600 W) .....	46580W
- Motor puerta automática.....	1100 W
- Termo Eléctrico.....	1150 W
- Extractores (1100x4).....	6480 W
- Tomas de corriente monofásicas oficinas.....	38450 W
- Tomas de corriente monofásica taller.....	30700 W
- Tomas de corriente trifásica.....	73470 W
- Aire acondicionado.....	4000 W
-Sistema de alimentación ininterrumpida.....	8000 W
Total fuerza .....	225780 W

**Alumbrado:**

- Alumbrado Oficina .....	6799 W
- Alumbrado Taller .....	23106 W
- Alumbrado de Exposición .....	12000 W
Total alumbrado .....	41905 W

La potencia total instalada para el circuito de fuerza será de 227.78 KW

La potencia total instalada para el circuito de iluminación será de 41.91 KW

**La potencia total demandada en la nave es de 257.79 KW.**

Por lo tanto **el transformador que pondremos será de 400KVA** de potencia, que nos deja además un margen para una posible ampliación de la instalación posterior. Teniendo en cuenta que la parcela de al lado es del mismo propietario y se prevé una futura ampliación de la compraventa.

## 6. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la apareamiento encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.

**El sistema elegido es el TT**, por lo tanto, el neutro está conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se indica en la ITC 08 del RBT 2002.

## 7. INSTALACIÓN EN BAJA TENSIÓN

### 7.1. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación estará alimentada por un **transformador propio de 400KVA**, situado en la caseta del centro de transformación.

Desde los bornes de salida en baja tensión del transformador partirá una **acometida general** realizada con conductores de **cobre (3×300+1×150)** directamente enterrada en tubo. Dicha acometida general llegará hasta el cuadro general de distribución a partir del cual se protegerán los diferentes circuitos que alimentarán a los cuadros auxiliares de fuerza y alumbrado. El cuadro general de distribución se encuentra situado lo más cerca posible del centro de transformación, en el edificio de oficinas. Al lado del cuadro general de distribución está situada la batería de condensadores, para corregir la potencia reactiva.

La alimentación desde el cuadro general a los cuadros auxiliares se realizará mediante conductores de cobre con aislamiento de polietileno reticulado en canalización enterrada bajo tubo.

La alimentación desde los cuadros auxiliares a las máquinas, alumbrado y tomas de corriente se realizará también mediante conductores de cobre con aislamiento de polietileno reticulado, las canalizaciones serán del tipo empotradas. Las cargas monofásicas se distribuirán entre las tres fases de manera que exista (reparto de fases), esta distribución vendrá indicada en el esquema unifilar.

#### 7.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS CUADROS

La instalación se compone de un cuadro general y cuatro cuadros auxiliares.

### 7.1.2. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

A él llega desde el CT la línea desde el centro de transformación de conductores de cobre ( $3 \times 300 + 1 \times 150$ ) enterrada en tubo y queda protegida por el interruptor automático **NSX630 (630A regulable, 50KA, 4P, Curva regulable)**.

Todas las líneas tendrán un solo conductor por fase, además de uno para el neutro y otro para el de protección, a excepción de la línea que alimenta a la batería de condensadores la cual no cuenta con conductor de neutro.

En la cabecera no se dispone de interruptor diferencial ya que todas las líneas aguas abajo disponen de uno propio.

## 7.2. APLICACIÓN DE LA REGLAMENTACIÓN

Esta nave está encuadrada, según la ITC BT 28 dentro de los locales de pública concurrencia como local de reunión o trabajo.

### 7.2.1 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El alumbrado de emergencia deberá asegurar en caso de fallo de la alimentación normal, la iluminación en los locales y acceso hasta las salidas. Entrará en funcionamiento en caso de fallo o al bajar la tensión al 70% de su valor nominal.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve.

Este tipo de aparato autónomo a instalar, cumplirá las normas UNE-EN 60.598-2-22, ó UNE 20.062, según sea la lámpara fluorescente o incandescente, respectivamente.

Se incluyen dentro de este alumbrado, el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento, siendo este último no exigible en este proyecto.

Para el cálculo de las luces de emergencia se han tenido en cuenta las prescripciones anteriormente redactadas, teniendo en cuenta la superficie de la zona se ha calculado los lúmenes necesarios.

La situación exacta de los aparatos se puede consultar en los planos de alumbrado.

### 7.2.1.1 ALUMBRADO DE SEGURIDAD

Es el alumbrado previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una determinada zona.

Este consta de:

- Alumbrado de evacuación
- Alumbrado ambiente o antipánico
- Alumbrado en zonas de alto riesgo

El alumbrado de evacuación garantizará el reconocimiento y utilización de las rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados. Este alumbrado deberá proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 1 lux en los ejes de las rutas de evacuación a nivel de suelo y 5 lux en los puntos donde estén instalados los equipos de protección contra incendios y de utilización manual y en los cuadros de distribución de alumbrado.

El alumbrado antipánico evitará todo riesgo de pánico y proporcionará una iluminación ambiente adecuada para permitir acceder a las rutas de evacuación identificando obstáculos. Este debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0,5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta 1 metro de altura.

En estos dos casos la relación entre iluminancia máxima y mínima será menor que 40:1 y funcionará cuando se produzca un fallo en la alimentación normal, como mínimo durante 1 hora.

El alumbrado en zonas de alto riesgo garantizará la seguridad de las personas dedicadas a actividades potencialmente peligrosas o que trabajan en un entorno peligroso, de forma que permita la interrupción de los trabajos con seguridad. Proporcionará una iluminancia mínima de 15 lux o el 10% de la iluminancia normal, tomando siempre el mayor de los valores. Funcionará cuando se produzca un fallo en la alimentación normal como mínimo el tiempo necesario para abandonar la actividad o la zona de alto riesgo.

En nuestro caso el local no cuenta con zonas de alto riesgo.

Los lugares donde es obligatorio la instalación de alumbrado de seguridad son los siguientes:

- a) Recintos de ocupación mayor a 100 personas.
- b) Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a usos residencial u hospitalario y los de zonas destinadas a cualquier otro uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.
- c) Aseos generales de acceso público.
- d) Estacionamientos cerrados y cubiertos de más de 5 vehículos y pasillo y escaleras que conduzcan desde éstos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.

- e) Locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- f) Salidas de emergencia y señales de seguridad reglamentarias.
- g) Cambios de dirección de las rutas de evacuación.
- h) Intersección de pasillos con las rutas de evacuación.
- i) En el exterior del edificio, en la vecindad inmediata a la salida.
- j) A menos de 2 metros de las escaleras, de manera que cada tramo reciba una iluminación directa.
- k) A menos de 2 metros de cada cambio de nivel.
- l) A menos de 2 metros de cada puesto de primeros auxilios.
- m) A menos de 2 metros de cada equipo destinado a la prevención y extinción de incendios.
- n) En los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado.

#### **7.2.1.2. ALUMBRADO DE REEMPLAZAMIENTO**

Deberán llevar este tipo de alumbrado, los incluidos en alguno de estos supuestos:

- Zonas de hospitalización
- Salas de intervención
- Salas destinadas a tratamiento intensivo
- Salas de curas
- Paritorios
- Urgencias

El local que estamos tratando, no se encuentra en ninguno de los supuestos. Por lo que no se estudia la implantación de este tipo de alumbrado.

#### **7.2.2. PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL**

Las instalaciones en los locales de pública concurrencia, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan:

- a) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocará junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección establecidos en la instrucción ITC-BT-17. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará en dicho punto un dispositivo de mando y protección.

Del citado cuadro general saldrán las líneas generales saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 16 amperios se alimentaran directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

- b) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista peligro acusado de incendio o de pánico

(cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.

c) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección contra sobreintensidades, cortocircuitos y contactos indirectos para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.

d) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.

e) Las canalizaciones deben realizarse según lo dispuesto en las ITB-BT-19 e ITC-BT- 20 y estarán constituidas por:

- Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 450/750 V, colocados bajo tubos o canales protectores, preferentemente empotrados en especial en las zonas accesibles al público.
- Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 450/750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles de grado de resistencia al fuego RF-120, como mínimo.
- Conductores rígidos, aislados, de tensión nominal no inferior a 0,6/1 KV, armados, colocados directamente sobre las paredes.

f) Los cables y sistemas de conducción de cables deben instalarse de manera que no se reduzcan las características de la estructura del edificio en la seguridad contra incendios.

Los cables eléctricos a utilizar en las instalaciones de tipo general y en el conexionado interior de cuadros eléctricos en este tipo de locales, tendrán propiedades especiales frente al fuego, siendo no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21.123, partes 4 ó 5, o a la norma UNE 211002 (según la tensión asignada del cable) cumplen con esta prescripción.

Los elementos de conducción de cables con características equivalentes a los clasificados como “no propagadores de la llama” de acuerdo con las normas UNE-EN 50085-1 y UNE-EN 50086-1, cumplen con esta prescripción.

Los cables eléctricos destinados a circuitos de servicios de seguridad no autónomos o a circuitos de servicios con fuentes autónomas centralizadas, deben mantener el servicio durante y después del incendio, siendo conformes a las especificaciones de la norma UNE-EN 50.200 y tendrán emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a la norma UNE 21.123, apartado 3.4.6, cumplen con esta prescripción de emisión de humos y opacidad reducida.

g) Las fuentes propias de energía de corriente alterna a 50 Hz, no podrán dar tensión de retorno a la acometida o acometidas de la red de Baja Tensión pública que alimenten al local de pública concurrencia.

h) Para la identificación de los conductores se estará a lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-26, apartado 6.2, y en nuestro caso concreto será:

*Fase 1 - MARRÓN*  
*Fase 2 - NEGRO*  
*Fase 3 - GRIS*  
*Neutro - AZUL CLARO*  
*Protección - AMARILLO-VERDE*

i) Los conductores serán libres de halógenos por ser la instalación de un local de pública concurrencia.

j) Las **lámparas fluorescentes y de descarga** irán compensadas hasta un **cos  $\phi$  de 0,95**, para evitar recargos de energía reactiva.

### 7.2.3. PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS

Además de las prescripciones generales señaladas, se cumplirán en los locales de reunión las siguientes prescripciones complementarias por ser un local de reunión y trabajo.

A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores onipolares.

## 7.3. OTRAS INSTALACIONES

### 7.3.1. INSTALACIONES EN CUARTOS DE BAÑO

Se ha tenido en cuenta la reglamentación especificada en la **ITC-BT-27**.

Las prescripciones objeto de esta instrucción son aplicables a las instalaciones interiores de viviendas, así como, en la medida que pueda afectarles, a las de locales comerciales, oficinas y a las de cualquier otro local destinado a fines análogos, que contengan una bañera, una ducha o una ducha prefabricada, o una bañera de hidromasaje o aparato para uso análogo.



### 7.3.2. BATERÍA DE CONDENSADORES

Se han realizado los cálculos para la colocación de una batería de condensadores y se ha decidido poner una batería *Cisar Serie 500* con las siguientes características:

- 175 KVar con escalonamiento ( $3 \times 25 + 2 \times 50$ ).
- 400V.
- 50 Hz.
- Regulador automático.

Con esta batería pasamos de tener un factor de potencia 0,85 a tener un nuevo **factor de potencia de 0,99**.

A continuación se enumeran las ventajas que obtenemos de la compensación de la energía reactiva:

- Reducción del recibo de electricidad, ya que las compañías eléctricas penalizan el consumo de energía reactiva.
- Aumento de la potencia disponible, un factor de potencia elevado optimiza los componentes de una instalación eléctrica mejorando su rendimiento eléctrico.
- Disminución de las pérdidas, la instalación de condensadores nos permite la reducción de pérdidas por efecto Joule.
- Reducción de las caídas de tensión.
- Reducción de la sección de los conductores.

### 7.4. INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

Para el cálculo del alumbrado nos hemos basado en la reglamentación vigente aplicable:

- Código Técnico de Edificación (Sección SU4)  
Seguridad frente al riesgo derivado de iluminación inadecuada:  
Se limitará el riesgo de daños a las personas como consecuencia de una iluminación inadecuada en zonas de circulación de los edificios, tanto interiores como exteriores, incluso en caso de emergencia o de fallo del alumbrado normal.
- UNE 12464.1 Norma Europea para la iluminación de interiores.
- ITC-BT- 28. Alumbrado de emergencia.

En la tabla siguiente se muestran los valores recogidos de la reglamentación y que serán de aplicación en nuestro caso para el alumbrado interior y exterior. Esta tabla se divide en las siguientes columnas:

- Columna 1: Recoge las **áreas interiores, tareas o actividades**, para las que están dados los requisitos específicos.
- Columna 2: Da la **iluminancia mantenida  $E_m$**  para el área interior, tarea o actividad dada en la columna 1, en luxes.
- Columna 3: Da los límites de **UGR (Índice de Deslumbramiento Unificado)** cuando son aplicables para la situación recogida en la columna 1.
- Columna 4: Proporciona los **índices de rendimiento de colores ( $R_a$ )** mínimos para la situación recogida en la columna 1.
- Columna 5: Se dan avisos y pies de nota para excepciones y aplicaciones especiales para las situaciones recogidas en la columna 1.

Tipo de interior, tarea o actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	$R_a$	Observaciones
Sala de Reuniones	516	20	80	La iluminación debería ser confortable
Sala de Espera/Hall	584	21	80	La iluminación debería ser confortable
Cambiadores	233	25	80	
Pasillo Aseos	290	25	80	
WC1	384	23	80	
WC2	384	23	80	
Recepción, Admisión, Administración	547	20	80	
Oficina 1	563	20	80	La iluminación debería ser confortable
Oficina 2	563	20	80	La iluminación debería ser confortable
Oficina 3	563	20	80	La iluminación debería ser confortable
Archivo	331	20	40	
Taller de Chapa-Pintura	548	24	80	
Taller de Mecánica-Electricidad	622	24	80	
Alumbrado exterior	145	\	\	

En la siguiente tabla se encuentran las recomendaciones de **Philips** para la correcta elección de las lámparas fluorescentes dependiendo del área de aplicación de las mismas.

Aplicaciones	827/830	840	865	930	940	950/965	Optiview	Activa Natural	79
<b>Comerciales</b>									
Frutería: Frutas y Verduras	R <sup>1</sup>			O	O				
Carnicería	O <sup>2</sup>			O					R <sup>1</sup>
Pescadería		O <sup>1</sup>		O	R				
Panadería	R <sup>1</sup>			O					
Joyería			O	O		R			
Imprenta			O			R			
Juguetería /librería	R	O		O					
Droguería/ Perfumería		O	O			R			
Peletería / Zapatería		O		R	O				
Ferretería		O	R						
Peluquería /salón de belleza		O		O	R				
Spa (salas de tratamiento)				O			R	R	
Deportes exterior			R			O			
Deportes interior	O	R		O					
Floristería	O			O		R			
Concesionarios de coches		R			O				
Fitness y Gimnasio		O	O					R	
<b>Restaurante/Hotel/Cafetería</b>									
Cafetería /Bar	R <sup>1</sup>	O <sup>1</sup>							
Billar/ Bolera	R <sup>1</sup>	O <sup>1</sup>							
Zonas comunes	R	O							
Restaurante	R	O							
Cocina		R <sup>1</sup>	O <sup>1</sup>		O				
<b>Hospitales/Oficinas/Colegios</b>									
Hospitales/ Centro A. Primaria		O <sup>2</sup>					R		
Laboratorios/ Farmacia		O <sup>2</sup>					R	O	
Salas de espera	O <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>							
Salas de exploración		O <sup>2</sup>					R		
Centros de Rehabilitación / C. de Día		O <sup>2</sup>					R		
Dermatología		O <sup>2</sup>					R		
UCI	O <sup>2</sup>						R		
Salas Pre y Post operatoria		O <sup>2</sup>					R		
Oficinas		R	O					O	
Aulas Colegios		R <sup>1</sup>						O	
Bibliotecas/ Salas reuniones		R						O	
Gimnasio		R	O					R	
Guarderías		R <sup>1</sup>							
<b>Industrias</b>									
Textil		O				R			
Talleres	O	R	O			O			
Pinturas			O			R			
Artes gráficas			O			R			
Almacenes		O <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>						
Cámaras Refrigeradas		R <sup>4</sup>	O <sup>4</sup>						
Alimentación	O <sup>1</sup>	R <sup>1</sup>				O			
Vivero	R <sup>1</sup>			O					
<b>Otros</b>									
Exterior		R <sup>4</sup>	R <sup>4</sup>						
Vallas Publicitarias		O	R <sup>4</sup>						
Hogar	R	O		O	O				
Museos				R	O	R			
*1 SECURA O XTRA SECURA	Lámpara recubierta con un protector de teflón, recomendada para la industria de la alimentación y lugares donde la rotura del tubo implique riesgos.Más información ver página 109 y 110.								
*2 LARGA VIDA: XTRA/XTREME	Las lámparas Xtra/Xtreme tienen una vida útil jamás soñada por un tubo. La tecnología patentada por Philips tiene además una excelente fiabilidad con lo que unido a la larga vida, permite conseguir los máximos beneficios mediante la reducción de costes de mantenimiento. Más información ver página 106.								
*3 REFLEX ECO	Lámpara con reflector interno, sustituye a dos tubos TLD con el mismo nivel luminoso en el plano de trabajo. Aplicación principal industria donde existan luminarias sin reflector o regletas sencillas. Más información ver página 113.								
*4 XTRA POLAR	Lámpara para aplicaciones de entornos fríos con condiciones de reposición de lámparas complicadas y costosas. Se ofrece además el cebador POLAR, capaz de encender la lámpara hasta a -40°C. Más información ver página 108.								
Optiview	La correcta observación visual en el ámbito de la salud y en especial en el sector hospitalario es muy importante a la hora de minimizar errores. Optiview facilita la correcta discriminación de los colores: Facilita el diagnóstico temprano de diferentes patologías mediante la observación del color de la piel y la realización de pruebas médicas como la extracción de sangre, pruebas de alergia y farmacéuticas, etc.Más información ver página 112.								
Activa Natural	Las lámparas Activa contienen una cantidad de luz azul óptima, se recomienda para lugares de trabajo donde quiera aumentarse el rendimiento, la concentración y el nivel de alerta de las personas.Más información ver página 111.								

R- recomendada O-opcional

#### 7.4.1. ALUMBRADO INTERIOR

Teniendo en cuenta los requisitos de la normativa y de las recomendaciones del catálogo de Philips, así como el efecto estético, las luminarias y lámparas escogidas para el interior han sido las que se indican a continuación:

##### - Taller Chapa-Pintura



Luminaria: Montaje Suspendido

-Philips HPK380 1xHPI-P400W-BU P-MB +GPK380 AR D546

Lámpara: Lámpara de vapor de Mercurio Halogenado -1 x 1 x HPI-P400W-BU/743

- Flujo luminoso (lm): 32500
- Potencia (W): 428
- Temperatura de color (K): 4000
- Ra >80

## - Taller de Mecánica y Electricidad



Luminaria: Montaje Suspendido

- Philips HPK380 1xHPI-P400W-BU P-MB +GPK380 AR D546

Lámpara: Lámpara de vapor de Mercurio Halogenado -1 x 1 x HPI-P400W-BU/743

- Flujo luminoso (lm): 32500
- Potencia (W): 428
- Temperatura de color (K): 4000
- Ra >80

**- Sala de Reuniones, Sala de Espera/Hall, Cambiadores, Pasillo Aseos, Recepción, Admisión, Administración, Oficina1, Oficina2, Oficina3, Archivo.**



Luminaria: Montaje Adosado

- Philips TMX204 2xTL-D36W HFP +GMX430 R

Lámpara: Lámpara fluorescente - 1 x 2 x TL-D36W/840

- Flujo luminoso (lm): 6700
- Potencia (W): 72
- Temperatura de color (K): 4000
- Ra >80

### - Baños (WC1, WC2)



Luminaria: Estanca - Montaje adosado

- Philips Pacific FCW196 2xPL-L18W/840 CON O

Lámpara: Lámpara fluorescente compacta no integrada - Master PL-L 18W/840/4P

- Flujo luminoso (lm): 1200
- Potencia (W): 36
- Temperatura de color (K): 4000
- Ra >80

Como se ha visto se ha optado por la instalación de lámparas fluorescentes en sus diferentes formatos para la iluminación de todos los locales del edificio de oficinas, debido a la buena eficacia luminosa que estas ofrecen, así como su buena reproducción cromática, teniendo en cuenta del tipo de local que se trataba y de sus necesidades.

## 7.4.2. ALUMBRADO EXTERIOR

### - Exterior del edificio de oficinas

Teniendo en cuenta los requisitos de la normativa, las luminarias y lámparas escogidas para el exterior han sido las que se indican a continuación:



Luminaria: Montaje exterior

- Philips MVP506 1xCDM-T250 OR

Lámpara: Lámpara de Descarga compacta-Halogenuros

- 1xCDM-T250
- Flujo luminoso (lm): 21300
- Potencia (W): 250
- Temperatura de color (K): 4000
- Ra >80



- **Zona de Exposición de Vehículos a la venta**



Luminaria: Montaje interior

- Philips SNF111 1xSON-T1000W MB/58

Lámpara: Lámpara de vapor de Sodio de Alta Presión.

- 1xSON-T1000W

- Flujo luminoso (lm): 130000

- Potencia (W): 1000

- Temperatura de color (K): 4000

- Ra >80

### 7.4.3. ALUMBRADO EMERGENCIAS

Teniendo en cuenta la normativa vigente y las características del local se ha optado por bloques autónomos para el alumbrado de emergencia, los cuales se muestran a continuación:



**Luminaria:** Montaje empotrado – Legrand B65

**Lámpara:** Lámpara fluorescente compacta

- Potencia (W): 6W
- Flujo luminoso (lm): 165/90
- Ra: >80

El programa informático Dialux, ha sido el utilizado para el cálculo del alumbrado éste nos indicara el número de luminarias y lámparas que se deben poner, así como su distribución, dependiendo de las características de iluminación necesarias, tipo de local, del tipo de lámpara y luminaria elegida.

## 7.5. PROTECCIONES

### 7.5.1. INTRODUCCIÓN

Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (ITC-BT 22 y 23), toda instalación debe contemplar protección de la propia instalación contra sobrecargas y cortocircuitos y protección de las personas contra contactos directos e indirectos.

Para ello se emplean dispositivos de protección que tienen la finalidad de registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como limitarlas sobreintensidades y los defectos de los arcos eléctricos.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. *Un sistema de protección es selectivo cuando sólo dispara el elemento de protección situado inmediatamente antes del punto de defecto. Si falla ese aparato deberá funcionar otro de orden inmediatamente superior (protección reserva).* Se entiende por tiempo de escalonamiento, al intervalo para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto. Además se deberá tener en cuenta que las características de disparo de los elementos de protección no se entrecrucen.

### 7.5.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

Se produce una *sobrecarga en un circuito eléctrico cuando la intensidad que circula es superior a la admisible o nominal*, sin que haya defecto en función de su duración. Se entiende que los daños serán mayores cuanto mayor sea la duración de la sobrecarga, ya que los receptores y conductores no están preparados para soportar ese incremento de temperatura que se produce debido a la corriente.

Las sobrecargas pueden ser consecuencia principalmente de fenómenos transitorios debidos al funcionamiento de algunos receptores o por sobre utilización de los receptores o de la instalación.

La sobrecarga produce en los conductores elevación de la temperatura, que puede ser superior a la admisible. Ello *implica el deterioro de los aislantes y la disminución del tiempo de vida de los cables.*

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión establece que el dispositivo de protección contra sobrecargas podrá estar constituido por un **interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte**, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

### 7.5.3. PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

El cortocircuito es un *defecto franco entre dos partes de la instalación a distinto potencial y con una duración inferior a cinco segundos. Entendido por defecto franco cuando tenemos una impedancia nula o despreciable. Los cortocircuitos dan lugar a corrientes muy elevadas.* Como consecuencia se producen fallos de aislamiento de la instalación o fallos en los receptores, por avería o conexión incorrecta.

Los cortocircuitos provocan en los conductores dos tipos de efectos:

- *Efectos térmicos:* La corriente muy elevada produce calentamiento de los conductores por efecto Joule. En el cortocircuito, por su pequeña duración, el calor producido se utiliza exclusivamente en elevar la temperatura del conductor, que alcanza su temperatura máxima admisible en milisegundos, sin ceder calor al exterior, provocando la destrucción del mismo.
- *Efectos electrodinámicos:* Las fuerzas de atracción o de repulsión que aparecen en los conductores por el efecto del campo magnético creado a su alrededor por la corriente que los recorre, son directamente proporcionales al producto de esa corriente e inversamente proporcionales a la distancia a la distancia entre los conductores. Las corrientes de cortocircuito, de valor muy elevado, hacen que esas fuerzas electrodinámicas sean también elevadas, pudiendo destruir las barras de conexión.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y **los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.**

La condición de protección es que el dispositivo de protección actúe, cortando la corriente de cortocircuito, antes de que la instalación resulte dañada por efecto térmico o electrodinámico.

- *Poder de corte del interruptor mayor que la intensidad de cortocircuito.*

$$PdC > I_{cc}$$

*El interruptor debe de cortar la corriente de cortocircuito en un tiempo inferior a aquel que hace que el conductor tome una temperatura superior a su temperatura límite.*

Así durante el cortocircuito, el conductor no llegara a la temperatura máxima admisible.

Los dispositivos de protección se sitúan en el origen de la instalación y en los puntos donde se produzca una reducción de la corriente admisible. Los dispositivos protegen la parte de la instalación situada a continuación de ellos siguiendo el sentido de la alimentación (aguas abajo).

Los dispositivos de protección tienen cuatro características comunes a calcular que son: el calibre, la curva de funcionamiento, el poder de corte y la coordinación entre protecciones.

- *Calibre*: Es la intensidad nominal o de referencia.
- *Curva de funcionamiento*: Representa el tiempo de desconexión en función de la intensidad detectada.
- *Poder de corte*: La protección debe de estar preparada para aguantar la sobreintensidad tal que la protección aguante y pueda abrir el dispositivo.
- *Coordinación entre protecciones*: Selectividad y filiación.

#### 7.5.4. SELECTIVIDAD Y FILIACIÓN ENTRE PROTECCIONES

- *Selectividad*: Se trata de establecer una *jerarquía de desconexión* entre protecciones aguas arriba y protecciones que están aguas abajo. Existirá selectividad entre dos dispositivos de protección contra sobreintensidades, conectados en serie, si al producirse un defecto, desconecta el dispositivo situado más cerca del lugar donde se produjo, no afectando a la protección situada en el escalón superior (aguas arriba).

1- *En sobrecargas*: Hay selectividad cuando el calibre del interruptor aguas arriba es superior al del interruptor situado aguas abajo (si son del mismo tipo de curva de disparo). Se considera que existe una selectividad cuando las intensidades nominales están en una relación aproximada de 1,6, como por ejemplo: 10, 16, 25, 40, 63, 100, etc.

2.- *En cortocircuito*: Hay selectividad si la intensidad de cortocircuito es inferior a la intensidad de regulación del disparador electromagnético del interruptor automático situado en el escalón de protección superior o aguas arriba o que este tenga un retardo en su tiempo de respuesta respecto del de aguas abajo.

- *Filiación*: Es la utilización del poder de corte de limitación de los interruptores automáticos, que permite instalar aguas abajo automáticos de menores prestaciones. Los interruptores automáticos situados aguas arriba realizan una función barrera para las fuertes corrientes de cortocircuito. La limitación de la corriente se hace a lo largo de todo el circuito controlado por el interruptor automático limitador de aguas arriba. El poder de corte de aguas arriba debe de ser igual o superior a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en el que está instalado el interruptor automático con dilación.

#### 7.5.5. PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS

Siempre que existe entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor los una entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas, se puede producir de dos formas posibles:

- a) *Contacto Directo*: Cuando las personas se pongan en contacto con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por rotura, defecto aislamiento, etc.
- b) *Contacto Indirecto*: Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica accidentalmente bajo tensión, como puede ser la carcasa conductora

de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por defecto de aislamiento o por confusión en la conexión del conductor de protección con la fase activa.

#### 7.5.5.1. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Para considerar satisfecha en las instalaciones la protección contra contactos directos, se tomará una de las siguientes medidas:

- a) *Alejamiento de las partes activas* de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen que no sea posible un contacto fortuito con las manos por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.
- b) *Interposición de obstáculos* que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación.
- c) *Recubrimiento de las partes activas* de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA. La resistencia del cuerpo humano será considerada como de 2000 ohmios.

#### 7.5.5.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Las medidas de protección contra contactos indirectos, pueden ser de las siguientes clases:

- a) *Clase A*: Esta medida consiste en tomar disposiciones destinadas a suprimir el riesgo del mismo, haciendo que los contactos no sean peligrosos, o bien, impidiendo los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores, entre los cuales puede aparecer una diferencia de potencial peligrosa.
- b) *Clase B*: Esta medida consiste en *la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas*, asociándola a un dispositivo de corte automático que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Para proteger de los contactos indirectos de la clase B, usaremos **conductores de protección puestos a tierra**, asociados con **interruptores diferenciales**.

Los interruptores diferenciales, son aparatos que provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor predeterminado.



El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

En nuestro caso los diferenciales utilizados han sido los de sensibilidad de 30 mA para alumbrado y zonas con posibilidad importante de contacto, y de 300 mA para las líneas de fuerza.

## 8. SOLUCIÓN ADOPTADA

A continuación se muestran la composición del CGD y de los cuadros auxiliares, detallando los tipos de protección utilizados, cables, canalizaciones, etc. Las protecciones son todas ellas de la marca *Schneider Electric*.

### 8.1. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

#### ENTRADA:

- Línea centro de transformación : Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  250 mm)  
Cable RV-K 3x300/150  
Interruptor automático NSX630 (630A regulable, 50KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV432894

#### SALIDAS:

- Línea Cuadro *Auxiliar TCP*: Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  90 mm)  
Cable RV-K 3x25/16+16T  
Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889  
Diferencial Compact NSX160 (160A, 300mA, 4P)  
Ref. LV429211
- Línea Cuadro *Auxiliar TME*: Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  90 mm)  
Cable RV-K 3x25/16+16T  
Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889  
Diferencial Compact NSX160 (160A, 300mA, 4P)  
Ref. LV429211
- Línea Cuadro *Auxiliar O*: Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  63 mm)  
Cable RV-K 3x16/10+16T  
Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889  
Diferencial Vigi C120 Clase AC (125A, 300mA, 4P)  
Ref. 18570



- Línea Cuadro *Auxiliar IE*: Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  63 mm)  
Cable RV-K 3x16/10+16T  
Interruptor automático C60H (63A, 15KA, 4P, C)  
Ref. 25019  
Diferencial Clase AC (63A, 300mA, 4P)  
Ref. 23049
- Línea Cuadro *Auxiliar CT*: Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  50 mm)  
Cable RV-K 3x6/6  
Interruptor automático C60H (25A, 15KA, 4P, Curva D)  
Ref. 25219  
Diferencial Clase Vigic60 (25A, 300mA, 4P)  
Ref. 26533
- Línea *Batería Condensadores*: Canalización fija en superficie bajo tubo ( $\varnothing$  160 mm)  
Cable RV-K 3x300+150T  
Interruptor automático NSX400 (400A regulable, 50KA, 3P, Curva regulable)  
Ref. LV432685  
Diferencial Compact NSX400 (400A, 300mA, 4P)  
Ref. LV432455

## 8.2. CUADRO AUXILIAR TCP

### ENTRADA:

- *Línea del CGD*: Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  90 mm)  
Cable RV-K 3x25/16+16T  
Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

### SALIDAS:

- *Línea C1.1*: Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 3x2.5/2.5+2.5T  
Interruptor automático C120H (16A, 15KA, 4P, Curva B)  
Ref. 18428.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C1.1, C1.2, C1.3, C1.4)

- *Línea C1.2:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 25 mm)  
Cable RV-K 3x4/4+4T  
Interruptor automático C120H (25A, 15KA, 4P, Curva B)  
Ref. 18430.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C1.1, C1.2, C1.3, C1.4)
- *Línea C1.3:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 25 mm)  
Cable RV-K 3x4/4+4T  
Interruptor automático C120H (25A, 15KA, 4P, Curva B)  
Ref. 18430.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C1.1, C1.2, C1.3, C1.4)
- *Línea C1.4:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 25 mm)  
Cable RV-K 3x6/6+6T  
Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 4P, Curva B)  
Ref. 18431.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C1.1, C1.2, C1.3, C1.4)
- *Línea C1.5:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 32 mm)  
Cable RV-K 3x10/10+10T  
Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 4P, Curva B)  
Ref. 18431.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C1.5, C1.6, C1.7, C1.8)
- *Línea C1.6:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 25 mm)  
Cable RV-K 3x6/6+6T  
Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 4P, Curva B)  
Ref. 18431.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C1.5, C1.6, C1.7, C1.8)

- *Línea C1.7:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 3x4/4+4T  
Interruptor automático C120H (25A, 15KA, 4P, Curva B)  
Ref. 18430.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C1.5, C1.6, C1.7, C1.8)
- *Línea C1.8:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 3x4/4+4T  
Interruptor automático C120H (25A, 15KA, 4P, Curva B)  
Ref. 18430.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C1.5, C1.6, C1.7, C1.8)
- *Línea C1.9:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 2P, Curva B)  
Ref. 18409.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C1.9, C1.10, C1.11)
- *Línea C1.10:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 2P, Curva B)  
Ref. 18409.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C1.9, C1.10, C1.11)
- *Línea C1.11:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 2P, Curva B)  
Ref. 18409.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C1.9, C1.10, C1.11)

- *Línea C1.12:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60H (0.5A, 15KA, 2P, Curva C)  
Ref. 24902.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C1.12, C1.13, C1.14)
- *Línea C1.13:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60H (0.5A, 15KA, 2P, Curva C)  
Ref. 24902.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C1.12, C1.13, C1.14)
- *Línea C1.14:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60H (0.5A, 15KA, 2P, Curva C)  
Ref. 24902.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C1.12, C1.13, C1.14)

### 8.3. CUADRO AUXILIAR TME

#### ENTRADA:

- *Línea del CGD:* Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  90 mm)  
Cable RV-K 3x25/16+16T  
Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

#### SALIDAS:

- *Línea C2.1:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 3x2.5/2.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24102.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C2.1, C2.2, C2.3, C2.4)
- *Línea C2.2:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 3x4/4+4T  
Interruptor automático C60N (25A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24105.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C2.1, C2.2, C2.3, C2.4)
- *Línea C2.3:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 3x4/4+4T  
Interruptor automático C60N (25A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24105.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C2.1, C2.2, C2.3, C2.4)
- *Línea C2.4:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 3x6/6+6T  
Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24106.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C2.1, C2.2, C2.3, C2.4)

- *Línea C2.5:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  32 mm)  
Cable RV-K 3x10/10+10T  
Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24106.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C2.5, C2.6, C2.7)
- *Línea C2.6:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 3x6/6+6T  
Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24106.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C2.5, C2.6, C2.7)
- *Línea C2.7:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  20 mm)  
Cable RV-K 3x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24102.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C2.5, C2.6, C2.7)
- *Línea C2.8:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24080.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C2.8, C2.9, C2.10)
- *Línea C2.9:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24080.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C2.8, C2.9, C2.10)

- *Línea C2.10:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24080.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C2.8, C2.9, C2.10)
- *Línea C2.11:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (0.5A, 10KA, 2P, Curva C)  
Ref.24068  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C2.11, C2.12, C2.13)
- *Línea C2.12:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (0.5A, 10KA, 2P, Curva C)  
Ref.24068  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C2.11, C2.12, C2.13)
- *Línea C2.13:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (0.5A, 10KA, 2P, Curva C)  
Ref.24068  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C2.11, C2.12, C2.13)
- *Línea C2.14:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  20 mm)  
Cable RV-K 1x4/4+4T  
Interruptor automático C60N (20A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref.24078.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C2.14, C2.15, C2.16)

- *Línea C2.15:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  20 mm)  
Cable RV-K 1x4/4+4T  
Interruptor automático C60N (20A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref.24078.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C2.14, C2.15, C2.16)
- *Línea C2.16:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C60N (20A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref.24078.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C2.14, C2.15, C2.16)



## 8.4. CUADRO AUXILIAR O

### ENTRADA:

- *Línea del CGD:* Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  63 mm)  
Cable RV-K 3x16/10+16T  
Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

### SALIDAS:

- *Línea C3.1:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  20 mm)  
Cable RV-K 3x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (6A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24101.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C3.1, C3.2, C3.3, C3.4)
- *Línea C3.2:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  20 mm)  
Cable RV-K 3x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (2A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24098.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C3.1, C3.2, C3.3, C3.4)
- *Línea C3.3:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  20 mm)  
Cable RV-K 3x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (6A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24101.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C3.1, C3.2, C3.3, C3.4)
- *Línea C3.4:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  20 mm)  
Cable RV-K 3x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (6A, 10KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24101.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C3.1, C3.2, C3.3, C3.4)
- *Línea C3.5:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)

Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24076.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C3.5, C3.6, C3.7)

- *Línea C3.6:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24076.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C3.5, C3.6, C3.7)
- *Línea C3.7:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24076.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038  
(Diferencial común con circuitos C3.5, C3.6, C3.7)
- *Línea C3.8:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 25 mm)  
Cable RV-K 1x10/10+10T  
Interruptor automático C60N (50A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24082.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C3.8, C3.9, C3.10)
- *Línea C3.9:* Canalización empotrada bajo tubo (Ø 20 mm)  
Cable RV-K 1x4/4+4T  
Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24080.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C3.8, C3.9, C3.10)

- *Línea C3.10:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x10/10+10T  
Interruptor automático C60N (50A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24082.  
Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P)  
Ref. 23047  
(Diferencial común con circuitos C3.8, C3.9, C3.10)
- *Línea C3.11:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C60N (40A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24081.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C3.11, C3.13, C3.14)
- *Línea C3.13:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 1x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24076.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C3.11, C3.13, C3.14)
- *Línea C3.14:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 3x1.5/1.5+2.5T  
Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24076.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P)  
Ref. 23042  
(Diferencial común con circuitos C3.11, C3.13, C3.14)

## 8.5. CUADRO AUXILIAR IE

### ENTRADA:

- *Línea del CGD:* Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  63 mm)  
Cable RV-K 3x16/10+16T  
Interruptor automático C60H (50A, 15KA, 4P, B)  
Ref. 24758

### SALIDAS:

- *Línea C4.1:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  63 mm)  
Cable RV-K 1x16/16+16T  
Interruptor automático C60N (40A, 6KA, 2P, Curva B)  
Ref.24081.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 2P)  
Ref. 23014
- *Línea C4.2:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  63 mm)  
Cable RV-K 1x16/16+16T  
Interruptor automático C60N (40A, 6KA, 2P, Curva B)  
Ref.24081  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 2P)  
Ref. 23014
- *Línea C4.3:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  63 mm)  
Cable RV-K 1x16/16+16T  
Interruptor automático C60N (40A, 6KA, 2P, Curva B)  
Ref.24081.  
Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 2P)  
Ref. 23014

## 8.6. CUADRO AUXILIAR CT

### ENTRADA:

- Línea del CGD: Canalización subterránea bajo tubo ( $\varnothing$  50 mm)  
Cable RV-K 3x6/6  
Interruptor automático C60H (25A, 15KA, 4P, Curva D)  
Ref. 25219

### SALIDAS:

- *Línea C5.1:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  25 mm)  
Cable RV-K 1x6/6+6T  
Interruptor automático C60N (25A, 6KA, 4P, Curva B)  
Ref. 24105.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P)  
Ref. 23038
- *Línea C5.2:* Canalización empotrada bajo tubo ( $\varnothing$  16 mm)  
Cable RV-K 1x1,5/1,5+2,5T  
Interruptor automático C60N (2A, 6KA, 2P, Curva B)  
Ref. 24072.  
Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 2P)  
Ref. 23009

## 9. COMPENSACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

### 9.1. INTRODUCCIÓN

Generalmente los receptores además de consumir energía activa, tienen un consumo de energía reactiva inductiva, representada por el factor de potencia. Un receptor funcionando con bajo factor de potencia consume una gran intensidad para una potencia activa determinada.

El factor de potencia depende únicamente de las características de los receptores y de su régimen de funcionamiento y es independiente del rendimiento propio de estos receptores.

### 9.2. NECESIDAD DE COMPENSAR EL FACTOR DE POTENCIA

La intensidad que circula por una línea para suministrar una determinada potencia activa es inversamente proporcional al factor de potencia de la instalación.

En una línea trifásica, la intensidad de línea es

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos \varphi}$$

Donde

$I_L$  es la intensidad de línea en amperios  
 $P$  es la potencia activa en vatios  
 $V_L$  es la tensión de línea en voltios  
 $\cos \varphi$  es el factor de potencia

Un factor de potencia bajo hace que la intensidad de línea sea elevada; ello provoca en la línea un aumento de la caída de tensión y de las pérdidas de energía por efecto Joule.

Un factor de potencia alto nos proporciona un ahorro importante en las facturas de electricidad y una optimización de la instalación eléctrica, ya que disminuye la caída de tensión en las líneas y el calentamiento de estas.

### 9.3. MÉTODOS DE COMPENSACIÓN

La compensación de la energía reactiva se puede realizar de forma directa actuando sobre la causa del bajo factor de potencia, es decir, procurará en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre los receptores de la instalación.

En este aspecto se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Correcta elección del equipo eléctrico.
- Evitar el funcionamiento en vacío o cargas reducidas de los motores eléctricos.
- Reemplazar los motores defectuosos.
- Desconectar los motores fuera de horas de trabajo.

De forma indirecta y complementaria a lo señalado anteriormente, se puede compensar el consumo de la energía reactiva mediante el uso de elementos productores de energía reactiva capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los receptores.

Esos elementos productores de energía reactiva capacitiva, se componen generalmente de las **baterías de condensadores**, cuya instalación puede realizarse de las siguientes maneras:

- **En el inicio de la instalación**, compensando la energía reactiva total de la instalación.
- En las derivaciones a cuadros secundarios, compensando la energía reactiva consumida por varios receptores.
- En bornes de cada receptor.

En general se utiliza la primera opción, con **conexión de la batería de condensadores en bornes del cuadro general de baja tensión**, y se puede efectuar de dos maneras:

- Por **compensación automática**, mediante un dispositivo automático regulador, medidor del factor de potencia, que conecta o desconecta escalones de baterías de condensadores según el factor de potencia del conjunto de la instalación. Los aparatos de maniobra pueden ser contactores o interruptores estáticos a base de tiristores, que realizan la conexión de los distintos tramos de baterías de condensadores según la señal que reciben del regulador.
- Por una batería de condensadores de capacidad fija. En este caso la potencia reactiva de la batería en KVA, no debe sobrepasar el 15% de la potencia nominal en KVA del transformador situado en el centro de transformación que alimenta la instalación, para evitar posibles elevaciones de tensión en caso de funcionamiento en vacío o con muy poca carga.

#### 9.4. SOLUCIÓN ADOPTADA

Se compensará la energía reactiva global de la instalación, mediante la colocación de una batería de **condensadores automática en bornes del Cuadro General de Distribución** de la marca Cisar Serie 500 con las siguientes características:

- 175 KVar con escalonamiento ( $3 \times 25 + 2 \times 50$ ).
- 400V.
- 50 Hz.
- Regulador automático.

La sección del conductor que alimenta la batería será de  $3 \times 300 + 150T$ , y el conjunto ira protegido por:

- Interruptor automático
  - Protección contra cortocircuitos regulable (de 5 a  $10 \times I_N$ )
  - Interruptor automático NSX400 (400A, 50KA, 4P, de 5 a  $10 \times I_n$ )  
Ref. LV432694
- Diferencial
  - Calibre: 400A
  - Sensibilidad: 300mA
  - Tripolar
  - Diferencial Compact NSX400 (400A, 30mA, 4P)  
Ref. LV432456



## 10. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

### 10.1. INTRODUCCIÓN

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ellas.

El límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la instrucción ITC-BT-18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

<b>Locales húmedos</b>	<b>24V</b>
Locales secos	50V

Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

#### 10.1.1. OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra, es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o de las descargas de origen atmosférico.

La instalación a tierra se convierte en una especie de embudo sumidero que *manda a tierra toda la corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal* y también enviará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos de terreno que inciden directamente sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de los equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.

Para ello es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las repuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura, etc.) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

### 10.1.2. PARTES DE LA PUESTA A TIERRA

Los elementos de puesta a tierra, se dividen en cinco partes o grupos:

#### 1) El terreno

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defectos o descargas de origen atmosférico.

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

*Los cuerpos que tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los materiales que tienen una resistividad alta, se oponen al paso de corriente.*

La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que compone el terreno.

La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra.

El terreno como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- Humedad.
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.
- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

## 2) Tomas de tierra

*La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.*

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

### 1.- Electroodos

*Son la masa metálica que se encuentra en contacto permanente con el terreno para facilitar a éste el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.*

Pueden ser naturales o artificiales. Los electrodos naturales, suelen estar constituidos por conducciones metálicas enterradas, como conductores de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc. Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

De la sección en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra. En general, *la sección de un electrodo no debe ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de línea principal de tierra.*

Los metales deben de ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, fundición de hierro, etc.

### 2.- Líneas de enlace con tierra

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de  $35 \text{ mm}^2$  de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

### 3.- Línea principal de tierra

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de  $16 \text{ mm}^2$  de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

### 4.- Derivaciones de las líneas principales de tierra

*Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección* o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre o de otro material de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC-BT-18.

<i>Sección conductores</i>	<i>Sección mínima conductor protección</i>
$S \leq 16$	(*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

(\*) Con un mínimo de:

- $2,5 \text{ mm}^2$  si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
- $4 \text{ mm}^2$  si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

### 5.- Conductores de protección

Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según el ITC-BT-19.

## 10.2. ELEMENTOS A CONECTAR A LA TOMA DE TIERRA

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Caja General de Protección.
- Instalación de pararrayos.
- Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- Toda masa o elemento metálico significativo.
- Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

## 10.3. SOLUCIÓN ADOPTADA

El electrodo de puesta a tierra estará formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> desnudo enterrado a una profundidad de 0,8 metros. El conductor se cerrará conectando cada uno de los cuadros auxiliares de la instalación como se indica en el plano correspondiente, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre, de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud. Por lo tanto el número de picas que tendremos es seis. Estas estarán unidas al mallazo metálico de cimentación a través de sendos conductores de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección por medio de soldaduras aluminotérmicas, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

La línea estará unida al Cuadro General de Distribución y demás cuadros auxiliares y así llegar a los distintos receptores (alumbrado, tomas de corriente y maquinaria).

Además de las masas de los receptores, se pondrán también a tierra todas las masas metálicas como armarios, puertas, marcos, etc.

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por el color amarillo- verde.

## 11. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 11.1. INTRODUCCIÓN

La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación de la empresa, ubicado en un local de uso exclusivo y de fácil acceso. En él se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia.

Al centro de transformación llegará la acometida de alta tensión a 13,2 KV subterránea, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.

Las necesidades de la instalación cubiertas mediante un **transformador de 400KVA**.

### REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad Centrales Eléctricas y Centros de Transformación, e instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 3.275/82, de noviembre de 1982).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de agosto de 2002).
- Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica (Real Decreto 1075/1986 de 2 de mayo de 1986).
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

### 11.2. EMPLAZAMIENTO

El local donde se va a ubicar el centro de transformación se destinará solamente a dicho fin, y para ello se ha habilitado una caseta prefabricada. La caseta que se va a utilizar está formada por distintos elementos de hormigón, de la casa **Ormazabal**. Se encuentra situado en una zona adjunta a las naves industriales.

La ubicación exacta del centro de transformación queda representada en el plano correspondiente.

### 11.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

La acometida al centro de transformación será subterránea, proveniente de una red de media tensión, y el suministro de energía se efectuará a una **tensión de servicio de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz**, siendo la Compañía eléctrica suministradora **Iberdrola**.

Dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado en punta. Por lo que se considerará la llegada de una única línea de media tensión, y no será necesaria la instalación de una celda de salida.

El centro de transformación será prefabricado de la marca **Ormazabal**, modelo PF, empleado para su aparellaje celdas prefabricadas del sistema CGMCOSMOS de la marca también Ormazabal. Este sistema está formado por un conjunto de celdas modulares unificionales o multifuncionales, de reducidas dimensiones, para la configuración de diferentes esquemas de distribución eléctrica secundaria hasta 24KV, tanto pública como industrial. Este sistema surge de la experiencia acumulada con el sistema CGM-CGC, así como la aplicación de tecnologías innovadoras junto a nuevos materiales y el cumplimiento también de la normativa IEC. Ofrece mejoras en aspectos funcionales como la mayor compacidad, la ergonomía en su instalación y uso, la amplitud de gama y una mayor fiabilidad y seguridad.

#### 11.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CASETA PREFABRICADA

A continuación se van a detallar las características más importantes de la caseta prefabricada de hormigón:

- Transporte y ejecución: Por su estructura modular, los centros de transformación pueden ser fácilmente transportados para ser instalados en lugares de difícil acceso y permiten la ejecución de cualquier configuración, incluyendo el número de puertas de acceso y transformadores que se requerirán en cada aplicación.
- Instalación: La instalación de los centros de transformación PF, se limita al ensamblado en obra de todos los elementos prefabricados, y a la incorporación de los elementos eléctricos, procediendo finalmente al conexionado de los cables de acometida.
- Ámbito de aplicación: Los centros de transformación PF permiten la realización de cualquier esquema de suministro eléctrico, con una potencia máxima de los transformadores de 1000KVA.

- Explotación: La entrada al local se realizara a través de una puerta en su parte frontal, que da acceso a la zona de aparamenta, en las que se encuentran las celdas de media tensión, cuadros de baja tensión y elementos de control del centro.
- características constructivas: Los paneles que forman la envolvente están compuestos por hormigón armado vibrado, estando las armaduras de hormigón unidas entre sí y al colector de tierras, según la RU 1303. Las puertas y rejillas presentan una resistencia de  $10\text{ K}\Omega$  respecto a la tierra de la envolvente. El acabado estándar del centro se realiza con poliuretano, de color blanco en las paredes y marrón en techo, puertas y rejillas.
- Dimensiones exteriores: Tiene una **longitud de 5 m, anchura de 2,38 m, altura de 2,58 m y una superficie de  $11,92\text{ m}^2$** . La puerta de acceso es de 1,30 m de ancho por 2,1 m de altura, y la puerta del transformador es también de 1,30 m de ancho por 2,1 m de altura.

### 11.3.2 ACCESOS

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora de energía y al personal de mantenimiento autorizado.

Para ello se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso al personal indicado, donde el personal de la compañía entrará con la llave normalizada y proporcionada por la mencionada compañía.

### 11.3.3. MATERIALES DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS

El centro de transformación dispondrá de banqueta aislante y guantes de goma para la correcta ejecución de las maniobras y placa de instrucciones para primeros auxilios.

## 11.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS

Las celdas que se han utilizado son de la marca CGMCOSMOS de la casa Ormazabal, y a continuación se detallan sus características generales:

- Aislamiento integral en el gas  $\text{SF}_6$  (hexafloruro), proporcionando insensibilidad ante entornos agresivos, larga vida útil y ausencia de mantenimiento de las partes activas.
- Dimensiones y pesos reducidos, facilitando las tareas de manipulación e instalación.



- Sencillez y seguridad en la operación, gran ergonomía de los elementos de maniobra, posibilidad de montar accesorios y realizar pruebas bajo tensión.
- Facilidad de conexión de cables, mediante bornes enchufables o atornillables y sin necesidad de colocación de bastidores adicionales en obra.
- Los elementos de corte y conexión, así como el embarrado, se encuentran dentro de una cuba de acero inoxidable, llena de gas y totalmente estanca, constituyendo un equipo de aislamiento IP67.
- La envolvente metálica de cada celda, fabricada con chapa de acero galvanizado, presenta rigidez mecánica, garantizando la indeformabilidad y protección en las condiciones previstas de servicio.

#### **11.4.1. CELDA DE LÍNEA**

Se utilizarán celdas de línea del tipo CGMCOSMOS-L provistas de un interruptor-seccionador de 3 posiciones (conectado, seccionado y puesta a tierra).

Contiene los siguientes elementos:

- Juego de barras tripular de 400 A.
- Indicador de presencia de tensión.
- Aisladores de apoyo.
- Interruptor seccionador en SF<sub>6</sub> de 400A/40KA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF<sub>6</sub>.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Palancas de accionamiento.
- Dimensiones: tiene una altura de 1,74 m, anchura de 0,365 m y fondo de 0,735 m.

#### **11.4.2. CELDA DE PROTECCIÓN**

Se utilizarán celdas de protección del tipo CGMCOSMOS-P provistas de un interruptor seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesta a tierra) y protección con fusibles limitadores. Contiene los siguientes elementos:

- Juego de barras tripular de 400 A.
- Indicador de presencia de tensión.
- Aisladores de apoyo.
- Interruptor seccionador en SF<sub>6</sub> de 400A/40KA, equipado con bobina de disparo.
- Seccionador de puesta a tierra en SF<sub>6</sub>.
- Palancas de accionamiento.
- Dimensiones: tiene una altura de 1,74 m, anchura de 0,47 m y fondo de 0,735 m.

### 11.4.3. CELDA DE MEDIDA

Se utilizarán celdas de medida tipo CGMCOSMOS-M y en ella se alojarán los transformadores de medida de tensión e intensidad. Contiene los siguientes elementos:

- Juego de barras tripular de 400 A.
- Tres transformadores de tensión relación 13200-20000/110V, 50VA, CL 0.5, aislamiento 24 KV.
- Tres transformadores de intensidad relación 15-20/5 A, 15 VA, CL 0.5, aislamiento 24 KV.
- Dimensiones: tiene una altura de 1,74 m, anchura de 0,8 m y fondo de 1,025 m.

### 11.5. CARACTERISTICAS DEL TRANSFORMADOR

Se ha utilizado un transformador sumergido en aceite mineral, de la casa Ormazabal, siendo **la tensión nominal del primario 13,2 KV y del secundario, 400V.**

A continuación se van a detallar las características generales y eléctricas más importantes del transformador.

#### 11.5.1. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRANSFORMADOR

- Transformador trifásico de 50 Hz de frecuencia.
- Sumergido en aceite mineral de acuerdo a la UNE 21-320/5-IEC 296.
- Cubas de aleta y refrigeración natural (ONAN).
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- Pasatapas MT y pasatapas BT de porcelana.
- Dos terminales de tierra.
- Dispositivos de vaciado, toma de muestras y de llenado.
- Dos cáncanos de elevación.
- Cuatro dispositivos de arriostamiento y otros tanto de arrastre.
- Placa de seguridad de instrucciones de servicios y placa de características.
- Dispositivo para alojamiento de termómetro.

#### 11.5.2. CARACTERISTICAS ELÉCTRICAS

- Potencia nominal 400KVA.
- Regulación en el primario  $\pm 2,5\%$  ,  $\pm 5\%$ .
- Grupo de conexión Dyn11. (D triangulo en el primario, Y estrella en el secundario, N el neutro de dicha estrella que es cero es un punto neutral, y 11 es el desfase de 380 grados de las fases entre ellas)
- Tensión de cortocircuito 4%.
- Relación de transformación 13,2/0,4 KV.

## 11.6. INTERCONEXIÓN CELDA - TRANSFORMADOR

La conexión eléctrica entre la celda de alta y el transformador de potencia se realizará con cable unipolar seco de cobre de 50 mm<sup>2</sup>.

Estos cables dispondrán en sus extremos de terminales enchufables rectos o acodados de conexión sencilla de 24KV/200 A para el tipo de centro de transformación adoptado.

## 11.7. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La red de alimentación al centro de transformación será de *tipo subterráneo a una tensión de 13,2KV y 50 Hz de frecuencia*.

*La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500MVA según datos facilitados por la compañía suministradora.*

En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de Centros de Transformación en vigor.

## 11.8. CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN

La distribución de potencia del Centro de Transformación al C.G.D. situado dentro del recinto del edificio de oficinas se realizará mediante canalización subterránea.

## 11.9. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

### 11.9.1. INTRODUCCIÓN

Todo centro de transformación estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación. Este sistema de puesta a tierra complementado con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas puestas en tensión.

De acuerdo con el Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, que aprueba el Reglamento sobre condiciones de garantías y seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y con la O.m: de 6-7684 que señala las Instrucciones Técnicas Complementarias para aplicar dicho reglamento, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser la máxima tensión utilizada igual a 20KV.

El diseño de la puesta a tierra del centro de transformación se efectuará mediante la aplicación del documento UNESA "Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría".

Se dispondrá por tanto de una **tierra de protección** a la que se conectarán, de acuerdo con la instrucción MIE-RAT 13, todas las partes metálicas de la instalación que no estén normalmente en tensión, pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectará a la tierra de protección entre otros los siguientes elementos:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de los armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las armaduras metálicas del centro de transformación.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conjuntos metálicos
- Las carcasas de los transformadores.

De igual manera se dispondrá por tanto de una puesta a **tierra de servicio** a la que se conectarán, según la instrucción MIE-RAT 13, los elementos necesarios de la instalación. La puesta a tierra de servicio será separada e independiente respecto a la puesta a tierra de protección.

Se conectará a la tierra de servicio entre otros los siguientes elementos:

- Los neutros de los transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, etc.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Con el fin de garantizar en el mayor grado posible, la seguridad de las personas que manejan los mandos del centro de transformación, además de dotarlo con un sistema de puesta a tierra como indica la MIE-RAT 13, se tendrá disposición del personal, guantes y calzados aislantes.

### 11.9.2. ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN EL CÁLCULO DE PUESTAS A TIERRA

- **Protección para personas**

La tensión de paso calculada será inferior o igual a la tensión de paso máxima admisible, y la tensión de contacto calculada será inferior o igual a la tensión de contacto máxima admisible.

Tensión máxima admisible aplicable al cuerpo humano, entre manos y pies:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n} \quad V_{pa} = \frac{10K}{t^n}$$

Donde:

$V_{ca}$ : es la tensión de contacto aplicada máxima en voltios.

$V_{pa}$ : es la tensión de paso aplicada máxima en voltios.

T: es la duración de la falta en segundos

K,n: son constantes en función del tiempo

$0,9s \geq t > 0,1s$	$K=72$	$n=1$
$3s \geq t > 0,9s$	$K=78,5$	$n=0,18$
$5s \geq t > 3s$	$V_{ca}= 64V$	
$t > 5s$	$V_{ca}= 50V$	

Teniendo en cuenta que el valor máximo de la tensión de contacto aplicada al cuerpo humano no supere el indicado en la expresión anterior para las tensiones de contacto (entre manos y pies), ni tampoco supere en 10 veces dicho valor para las tensiones de paso (con los pies separados 1 metro), se tiene que la tensión de paso y de contacto son:

$$V_p = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right) \quad V_c = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5\rho_s}{1000} \right)$$

Siendo:

$\rho_s$ : la resistividad superficial del terreno.

$V_p$ : la tensión de paso máxima admisible.

$V_c$ : la tensión de contacto máxima admisible en la instalación en voltios.

Se trata de comprobar mediante el empleo de procedimiento de cálculo sancionado por la práctica, que los valores de las tensiones de paso ( $V_p$ ) y de contacto ( $V_c$ ) que se calculen en función del tiempo de electrodo, de la corriente de puesta a tierra y de la resistividad del terreno, no superen los valores calculados en las fórmulas anteriores.

En el caso de que la resistividad superficial del terreno donde se apoya cada pie sea distinta (en el acceso a los centros de transformación, los pavimentos, interior y exterior, pueden ser de distinta composición), la tensión de paso máxima admisible que puede aparecer en una instalación y que no debe ser superada es:

$$V_{p(acc)} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{3\rho_s + 3\rho_s'}{1000} \right)$$

Siendo:

$\rho_s, \rho_s'$ : las resistividades superficiales del terreno en el que se apoya cada pie.

$\rho_s' = 3000 \Omega m$  (resistividad del pavimento de hormigón que puede aparecer en la entrada a los centros de transformación)

- **Protección de los bienes materiales**

El nivel de aislamiento de los elementos de baja tensión del centro de transformación deberá ser mayor o igual a la tensión de defecto:

$$V_d = R_t \times I_d \qquad V_{BT} \geq V_d$$

Donde:

$V_d$ : es la tensión de defecto en voltios.

$V_{BT}$ : es la tensión soportada a frecuencia industrial por la instalación de baja tensión del centro de transformación, en voltios.

$R_t$ : es la resistencia del electrodo, en ohmios.

$I_d$ : es la intensidad de defecto, en amperios.

Los valores normalmente utilizados para la tensión soportada por la instalación de baja tensión son: 4000, 6000, 8000 y 10000 voltios, siendo la recomendación UNESA de 10000V.

Estos valores se pueden superar siempre que se justifique que los materiales tengan características dieléctricas superiores o se disponga de un transformador de separación de circuitos.

### 11.9.3. INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Según la investigación previa del terreno (Método Wenner) donde se instalará este centro de transformación, se determina una **resistividad media de  $150 \Omega m$**  (suelo de margas y arcillas compactas)

### 11.9.4. DISTANCIAS

Las celdas de media tensión en este proyecto, están constituidas por aparatos de fabricación en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11/1971.

### 11.9.5. APARATOS DE MEDIA TENSIÓN

Todos los aparatos que se proyectan colocar están previstos para una tensión nominal de 20KV, con lo que cumplen las prescripciones del Reglamento.

### 11.9.6. AISLAMIENTO

Todos los elementos que se utilicen en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno. Siendo 20 KV, el valor eficaz de la tensión nominal de servicio y de 24 KV, el valor eficaz de la tensión más elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes *ensayos*:

- 125KV (*cresta*) *tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2/50  $\mu$ s.*
- 50KV (*valor eficaz*) *tensión soportada durante un minuto a 50Hz.*

### 11.9.7. SOLUCIÓN ADOPTADA

Se dispondrá de una **puesta a tierra de protección** en forma de anillo alrededor del centro de transformación enterrado 0,8 metros. El anillo estará configurado en forma de rectángulo de 7,0x3,5 m con un conductor de cobre desnudo de sección 50mm<sup>2</sup>, en cuyos vértices se unirá una pica, instalándose un total de 4, de acero cubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud (código de configuración 70-35/8/42).

Se dispondrá además de una **puesta a tierra de servicio** en hilera enterrada a 0,5 metros. La hilera se compone de 6 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud, con una separación de 3 m entre picas. Las picas irán unidas por un conductor de cobre de sección 50 mm<sup>2</sup> (código de configuración 5/62). Esta instalación estará separada 6 metros de la puesta a tierra de protección, por lo que quedará unida al neutro del transformador mediante un conductor aislado de 50mm<sup>2</sup>.

El aislamiento del conductor que une la puesta a tierra de servicio y el neutro del transformador es de 0,6/1 KV, protegido bajo tubo de PVC de 16 mm de diámetro y grado de protección 7 como mínimo, enterrado a 0,5 metros de profundidad.

La unión entre la puesta a tierra y el conductor aislado se realizará en una arqueta de registro situada sobre la primera pica, esta unión se hará mediante soldadura aluminotérmica.

Se adoptarán las siguientes medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto exteriores e interiores:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro de transformación no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso alrededor del centro de transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm conectado a la puesta a tierra de protección del centro de transformación.
- El suelo estará pintado de pinturas aislantes.

Se realizará una línea de tierra interior de protección con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra todos los elementos metálicos del centro de transformación, excepto las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior, e irá sujeto a las paredes a 2,30 m de altura mediante bridas de sujeción y conexión. El conductor se conectará a la tierra de protección por medio de una caja de seccionamiento situada en el centro de transformación. La caja de seccionamiento además de conectar el anillo con la puesta a tierra nos permitirá medir el valor de esta.

La unión de la línea de tierra de servicio con el neutro se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado, que conectará a tierra el neutro del transformador y estará precedida por una caja de seccionamiento.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1 metro.

## 11.10. INSTALACIONES SECUNDARIAS EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

- **Alumbrado**

En el interior del centro de transformación se instalarán 2 *luminarias Philips X-tendolight TCS398, con 2 fluorescentes cada una de 58W*, capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

La luminaria estará dispuesta de tal forma que mantenga la misma uniformidad posible en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalara también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, formado por una lámpara de emergencia y señalización NormaLux, de 9W de potencia, la cual señalarán la salida del centro de transformación.

- **Ventilación**

El edificio dispondrá de una *rejilla de ventilación para la entrada de aire* situada en la parte lateral izquierda inferior a 0,5 metros del suelo, de dimensiones 1100x1000 mm y superficie total de 1,1 m<sup>2</sup>, que es ligeramente superior a la necesaria. Para la salida de aire se dispone de una *rejilla de ventilación para la salida de aire* en la parte superior lateral (opuesta a la rejilla de entrada), 2 m por encima de la anterior de dimensiones 1300x1000 mm, con superficie de 1,3 m<sup>2</sup>. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la *distancia medida verticalmente de separación* entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior y se colocarán de manera que queden opuestas la una a la otra facilitando así el flujo de aire.



Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

- **Elementos y medidas de seguridad**

Como el requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por si solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme a la exigencia de la norma UNE 20.099.

Las celdas estarán separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor-seccionador, lo que asegura la independencia entre ellas y evitan la posible propagación de defecto entre celdas contiguas.

El centro estará dotado con el siguiente *equipamiento auxiliar*:

- Banqueta aislante.
- Cuadro de primeros auxilios.
- Par de guantes aislantes.
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro).

### 13. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1. Alumbrado interior	18833.88 €
2. Alumbrado exterior	11334.41 €
3. Alumbrado de emergencia	4702.59 €
4. Cables	54310.2 €
5. Tubos y canalizaciones	40134.02 €
6. Interruptores automáticos	22147.74 €
7. Interruptores diferenciales	9885.97 €
8. Tomas de corriente	2940.72 €
9. Cuadros	889.23 €
10. Puesta a tierra	9076.06 €
11. Centro de transformación	33605.02 €
12. Batería de condensadores	4850.95 €

**TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL 212710.79 €**

El total de ejecución material asciende a DOSCIENTOS DOCEMIL SETECIENTOS DIEZ euros, con SETENTA Y NUEVE céntimos.

13% Gastos generales	27652.40 €
6% Beneficio industrial	12762.65 €

**TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA 253125.84 €**

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a QUINIENTOS SEIS MIL SETECIENTOS OCHENTA euros, con VENTISIETE céntimos.

3,5% Honorarios proyectista	7444.90 €
3,5% Honorarios dirección de obra	7444.90 €



**TOTAL PRESUPUESTO (SIN IVA) 268015.64 €**

El presupuesto general, SIN IVA, asciende a la cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL QUINCE euros, con SESENTA Y CUATRO céntimos.

18% IVA 48242,82 €

**TOTAL PRESUPUESTO (CON IVA) 316258.46 €**

El presupuesto general, CON IVA, asciende a la cantidad de TRESCIENTOS DIECISEIS MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO euros, con CUARENTA Y SEIS céntimos.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

#### LIBROS:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.  
Editorial Thomson-Paraninfo
- Instalaciones Eléctricas en Media y Baja Tensión.  
José García Trasancos.  
Editorial Thomson-Paraninfo
- Tecnología Eléctrica.  
Rafael Guirado. Rafael Asensi. Francisco Jurado. José Carpio.  
Editorial McGraw-Hill
- Técnicas y Procesos en las Instalaciones Eléctricas de Media y Baja Tensión.  
José Luis Sanz. José Carlos Toledano.  
Editorial Thomson-Paraninfo

#### CATALOGOS:

- General Cable, cables de baja tensión.
- Uriarte, cajas y armarios eléctricos.
- Philips, tarifas de lámparas y equipos.
- Philips, alumbrado urbano.
- NormaLux, alumbrado de emergencia.
- Cisar, baterías de condensadores.
- Schneider Electric, aparataje modular, cofres modulares y tomas.
- Schneider Electric, gama Compact NSX.
- Tubos Pensa, tubos corrugados libre de halógenos y tuberías.
- Ormanazabal, centros de transformación.
- Ormanazabal, transformadores eléctricos de distribución.

#### PAGINAS WEB:

- [www.philips.es](http://www.philips.es)
- [www.schneiderelectric.es](http://www.schneiderelectric.es)
- [www.ormanazal.es](http://www.ormanazal.es)
- [www.normalux.com](http://www.normalux.com)
- [www.pemsa-rejiband.com](http://www.pemsa-rejiband.com)
- [www.cisar.net](http://www.cisar.net)
- [www.safybox.com](http://www.safybox.com)
- [www.generalcable.es](http://www.generalcable.es)
- [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)
- [www.voltimun.es](http://www.voltimun.es)
- [www.portalelectricidad.es](http://www.portalelectricidad.es)

#### NORMATIVA:

- Código técnico de la edificación. Real Decreto 314/2006.
- Normas particulares de la compañía suministradora Iberdrola.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica. (Real Decreto 1075/1986, de 2 de mayo de 1986).
- Real Decreto 208/2005 de 25 febrero sobre aparatos eléctricos o electrónicos y la gestión de sus residuos.
- Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre, Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias.



- Normas UNE de obligado cumplimiento que se encuentran incluidas en el reglamento y demás normas de obligado cumplimiento.
- Recomendaciones UNESA.
- Ordenanzas y normas municipales.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 39/1997 reglamento de los servicios de prevención.
- Ley 31/1995 de 8 noviembre de prevención de riesgos laborales.
- Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Pamplona, Noviembre de 2011  
Oscar Pardiñas García



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ELÉCTRICA

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMPRAVENTA DE  
AUTOMÓVILES

## DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Oscar Pardiñas García

Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, Noviembre de 2011



## INDICE

1. CÁLCULO DE CONDUCTORES Y CANALIZACIONES	3
1.1. Previsión de cargas.	3
1.2. Cálculo de las corrientes de línea.	3
1.2.1. Cuadro auxiliar TCP.	5
1.2.2. Cuadro auxiliar TME.	6
1.2.3. Cuadro auxiliar O.	7
1.2.4. Cuadro auxiliar IE.	8
1.2.5. Cuadro auxiliar CT.	9
1.3. Dimensionado de los conductores y canalizaciones.	10
1.3.1. Línea General (CT-CGD)	11
1.3.2. Líneas a los cuadros auxiliares (CGD-C.AUX)	12
1.3.3. Líneas a los receptores.	14
1.3.3.1. Cuadro auxiliar TCP.	16
1.3.3.2. Cuadro auxiliar TME.	17
1.3.3.3. Cuadro auxiliar O.	18
1.3.3.4. Cuadro auxiliar IE.	19
1.3.3.5. Cuadro auxiliar CT.	20
2. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN	21
2.1. Cálculo de las impedancias de cortocircuito.	21
2.1.1. Ubicación del cuadro auxiliar CT.	23
2.1.2. Cuadro general de distribución.	25
2.1.3. Cuadro auxiliar TCP.	33
2.1.4. Cuadro auxiliar TME.	40
2.1.5. Cuadro auxiliar O.	48
2.1.6. Cuadro auxiliar IE.	55
2.1.7. Cuadro auxiliar CT.	58
3. CÁLCULO DE COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	61
3.1. Cálculo de la potencia reactiva a instalar.	61
3.2. Solución adoptada.	62
3.3. Cálculo del conductor de unión de las baterías.	62
3.4. Cálculo de las protecciones de las baterías.	63
3.5. Justificación de la mejora del factor de potencia	63
4. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	64
4.1. Resistencia del electrodo.	64
5. CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	67
5.1. Intensidad en el lado de alta tensión.	67
5.2. Intensidad en el lado de baja tensión.	67
5.3. Corrientes de cortocircuito.	67
5.3.1. Cortocircuito en el lado de alta tensión.	68
5.3.2. Cortocircuito en el lado de baja tensión.	68
5.4. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.	68





5.4.1. Investigación de las características del terreno.	68
5.4.2. Determinación de la corriente máxima de tiempo máximo de eliminación.	69
5.4.3. Cálculo de la resistencia de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto.	69
5.4.4. Separación entre sistema de puesta a tierra de protección y sistema de puesta a tierra de servicio	72
5.4.5. Separación entre puestas a tierra.	73
5.4.6. Corrección y ajuste del diseño inicial.	73
5.5. Dimensionado de la ventilación.	74
<b>6. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS</b>	<b>76</b>
6.1. Cálculos Dialux edificio de Oficinas	78
6.2. Cálculos Dialux edificio de Talleres	110
6.3. Cálculos Dialux Zona de Exposición	118

## 1. CÁLCULO DE CONDUCTORES Y CANALIZACIONES

### 1.1. PREVISIÓN DE CARGAS

La relación de potencias prevista, tanto en fuerza como en alumbrado es la siguiente:

**Fuerza:**

- Cabina pintura 1.....	8500 W
- Cabina pintura 2.....	8500 W
- Elevadores de coches (8 unidades x 6600 W) .....	46580W
- Motor puerta automática.....	1100 W
- Termo Eléctrico.....	1150 W
- Extractores (1100x4).....	6480 W
- Tomas de corriente monofásicas oficinas.....	38450 W
- Tomas de corriente monofásica taller.....	30700 W
- Tomas de corriente trifásica.....	73470 W
- Aire acondicionado.....	4000 W
-Sistema de alimentación ininterrumpida.....	8000 W
Total fuerza .....	225780 W

**Alumbrado:**

- Alumbrado Oficina .....	6799 W
- Alumbrado Taller .....	23106 W
- Alumbrado de Exposición .....	12000 W
Total alumbrado .....	41905 W

La potencia total instalada para el circuito de fuerza será de 227.78 KW

La potencia total instalada para el circuito de iluminación será de 41.905 KW

La potencia total demandada en la nave es de 257.79 KW.

Por lo tanto el transformador que pondremos será de 400KVA de potencia, que nos deja además un margen para una posible ampliación de la instalación posterior. Teniendo en cuenta que la parcela de al lado es del mismo propietario y se prevé una futura ampliación de la compraventa.

### 1.2. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE LÍNEA

En este apartado se procede a calcular las corrientes de línea que circularán por los diferentes tramos de los conductores de la instalación. Como dato de partida se tiene la potencia de consumo de cada receptor. Sabiendo, además, el factor de potencia y la tensión nominal en condiciones de plena carga para los receptores.

Se obtiene para receptores trifásicos mediante:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_N \times \cos \varphi}$$

Y para receptores monofásicos:

$$I_L = \frac{P}{V_N \times \cos \varphi}$$

La corriente obtenida se multiplicara por 1,8 en el caso de los receptores compuestos por lámparas de descarga. En los receptores motor se multiplicará por 1,25, y se hallará también la corriente de arranque máxima permitida por el REBT.

Aunque haya receptores monofásicos, como los destinados al alumbrado, la distribución hasta su cuadro secundario se realizará en corriente alterna trifásica procurando repartir las cargas lo más equitativamente posible entre las fases.

En las tablas siguientes se exponen las corrientes máximas a considerar de cada receptor, agrupados en sus respectivos cuadros auxiliares de distribución para el posterior cálculo de las secciones de los conductores.

En estas se expone por columnas:

- 1.- UNIDADES: número de unidades de cada receptor.
- 2.-  $P_n$ (KW): potencia nominal por unidad, en Kilovatios.
- 3.-  $\cos(\varphi)$ : factor de potencia del receptor.
- 4.-  $F_m$ : factor de mayorización, que depende del arranque de los motores, de las luminarias y demás factores de uso de los receptores.
- 5.-  $F_s$ : factor de simultaneidad, depende de la utilización de los receptores de manera conjunta, teniendo en cuenta que no todos los receptores trabajaran a la vez.
- 6.-  $F_u$ : factor de uso, se utiliza para aminorar la potencia nominal del receptor, sabiendo q este no trabajará a su potencia nominal.
- 7.-  $P_{calc}$ (KW): es la potencia calculada de los receptores aplicándoles los factores de corrección( $F_m, F_s, F_u$ ), en Kilovatios.
- 8.-  $S_{calc}$ (KVA): es la potencia aparente calculada teniendo en cuenta la potencia calculada ( $P_{calc}$ ) y el factor de potencia, en Kilovoltiamperios.
- 9.-  $I_{calc}$ (A): es la corriente calculada de los receptores aplicándoles los factores de corrección, en amperios.
- 10.- FASE: es la distribución de los cables



### 1.2.1. CUADRO AUXILIAR TCP

RECEPTOR	UNIDADES	Pn (KW)	COS $\phi$	Fm	Fs	Fu	Pcalc(KW)	Scalc(KVA)	FASE
Cabinas de pintura	2	8,50	0,85	1,25	1	1	21,25	25,00	Trifásico
Elevadores coches	4	6,60	0,85	1	0,75	1	19,80	23,29	Trifásico
Tomas monofásicas	18	11,04	0,8	1	0,3	0,2	11,92	14,91	Monofásico
Tomas trifásicas	18	22,08	0,8	1	0,3	0,2	23,84	29,81	Trifásico
Extractores	2	1,10	0,85	1,25	1	1	2,75	3,24	Trifásico
Alumbrado taller chapa y pintura	1	9,60	0,9	1,8	1	1	17,28	19,20	Trifásico
Alumbrado emergencia	1	0,08	1	1	1	1	0,08	0,08	Monofásico
<b>TOTAL</b>			<b>0,85</b>				<b>84,00</b>	<b>115,53</b>	



### 1.2.2. CUADRO AUXILIAR TME

RECEPTOR	UNIDADES	Pn (KW)	COS $\phi$	Fm	Fs	Fu	Pcalc(KW)	Scalc(KVA)	FASE
Elevadores coches	4	6,60	0,85	1	0,75	1	19,80	23,29	Trifásico
Tomas monofásicas	18	11,04	0,8	1	0,3	0,2	11,92	14,91	Monofásico
Tomas trifásicas	18	22,08	0,8	1	0,3	0,2	23,84	29,81	Trifásico
Extractores	2	1,10	0,85	1,25	1	1	2,75	3,24	Trifásico
Alumbrado taller chapa y pintura	1	9,60	0,9	1,8	1	1	17,28	19,20	Trifásico
Alumbrado emergencia	1	0,08	1	1	1	1	0,08	0,08	Monofásico
Alumbrado exterior del taller	1	3,75	0,9	1,8	1	1	6,75	7,50	Trifásico
Puerta automática	1	1,10	0,8	1,25	1	1	1,37	1,72	monofásico
<b>TOTAL</b>			<b>0,84</b>				<b>83,79</b>	<b>99,75</b>	



### 1.2.3. CUADRO AUXILIAR O

RECEPTOR	UNIDADES	Pn (KW)	COS $\varphi$	Fm	Fs	Fu	Pcalc(KW)	Scalc(KVA)	FASE
Toma monofásica	37	11,04	0,85	1	0,4	0,2	32,68	38,45	monofásico
Alumbrado exterior a la oficina	1	2,25	0,9	1,8	1	1	4,05	4,50	monofásico
Alumbrado sala de reuniones	1	0,43	0,9	1,8	1	1	0,78	0,86	monofásico
Alumbrado sala de espera hall	1	0,43	0,9	1,8	1	1	0,78	0,86	monofásico
Alumbrado cambiadores	1	0,07	0,9	1,8	1	1	0,13	0,14	monofásico
Alumbrado pasillo aseos	1	0,07	0,9	1,8	1	1	0,13	0,14	monofásico
Alumbrado WC1	1	0,07	0,9	1,8	1	1	0,13	0,14	monofásico
Alumbrado WC2	1	0,07	0,9	1,8	1	1	0,13	0,14	monofásico
Alumbrado recepción, admisión, administración	1	0,65	0,9	1,8	1	1	1,17	1,30	monofásico
Alumbrado archivo	1	0,15	0,9	1,8	1	1	0,26	0,30	monofásico
Alumbrado oficina 1	1	0,29	0,9	1,8	1	1	0,52	0,58	monofásico
Alumbrado oficina 2	1	0,29	0,9	1,8	1	1	0,52	0,58	monofásico
Alumbrado oficina 3	1	0,29	0,9	1,8	1	1	0,52	0,58	monofásico
Sistema de alimentación ininterrumpida	1	8,00	1	1	1	1	8,00	8,00	monofásico
Calentador eléctrico	1	1,15	0,9	1	1	1	1,15	1,28	monofásico
Aire Acondicionado	1	4,00	0,9	1,25	1	1	5,00	5,56	trifásico
Alumbrado de emergencia	1	0,09	1	1	1	1	0,09	0,09	monofásico
<b>TOTAL</b>			<b>0,87</b>				<b>56,04</b>	<b>63,50</b>	



#### 1.2.4. CUADRO AUXILIAR IE

RECEPTOR	UNIDADES	Pn (KW)	COS $\varphi$	Fm	Fs	Fu	Pcalc(KW)	Scalc(KVA)	FASE
Alumbrado zona de Exposición	1	12,00	0,9	1,8	1	1	21,60	24,00	monofásico
<b>TOTAL</b>			<b>0,9</b>				<b>21,60</b>	<b>24,00</b>	



### 1.2.5. CUADRO AUXILIAR CT

RECEPTOR	UNIDADES	P <sub>n</sub> (KW)	COS $\phi$	F <sub>m</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>u</sub>	P <sub>calc</sub> (KW)	Scalc(KVA)	FASE
Toma trifásica(16A)	1	11,08	0,8	1	1	1	11,08	13,85	trifásico
Toma monofásica	1	11,04	0,8	1	0,4	0,2	0,88	1,10	monofásico
Alumbrado centro de transformación	1	0,22	0,9	1,8	1	1	0,39	0,43	monofásico
Alumbrado de emergencias	1	0,01	1	1	1	1	0,01	0,01	monofásico
<b>TOTAL</b>			<b>0,8</b>				<b>12,36</b>	<b>15,39</b>	



### 1.3. DIMENSIONADO DE LOS CONDUCTORES Y CANALIZACIONES

A continuación se exponen las pautas a seguir en el dimensionamiento de los conductores, siguiendo para ello las indicaciones y condiciones dispuestas por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

1. Identificación de las características de cada línea, como potencia de transporte, tipo de receptores, longitud, alimentación monofásica o trifásica y temperatura ambiente previsible.

2. Cálculo de las intensidades que circulan por cada tramo. Para suministro monofásico se tiene que

$$I = \frac{P}{V_N \times \cos \varphi}$$

Mientras que para suministro trifásico

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_N \times \cos \varphi}$$

Donde:

I: es la intensidad que circula por el conductor o conductores activos.

P: es la potencia a suministrar por la línea.

$V_N$ : es la tensión de servicio

$\cos \varphi$ : es el factor de potencia del receptor.

3. Se determina la sección de los conductores por el criterio térmico. La elección de los mismos se hará en base a aspectos del material conductor, el aislamiento o el tipo de instalación, mediante las tablas de REBT.

4. Se calculan las caídas de tensión en los distintos tramos teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables de longitud e intensidad que puedan darse. Para una línea monofásica:

$$\Delta V = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{c \times S}$$

Mientras que para una línea trifásica:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_L \times \cos \varphi}{c \times S}$$

Donde:

$\Delta V$ : es la caída de tensión en la línea en voltios.

L: es la longitud de la línea en metros.

I: es la intensidad eficaz de la línea en amperios.

$I_L$ : es la intensidad de línea en amperios.

$\cos \varphi$ : es el factor de potencia del receptor.

S: es la sección del conductor en milímetros cuadrados.

c: es la conductividad del conductor (para el cobre  $c=56 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$ , y para el

aluminio  $c=35 \frac{m}{\Omega \times mm^2}$ )

5. Si la caída de tensión en el tramo es mayor que la máxima establecida, se tomará un conductor de sección superior, y se volverán a repetir los cálculos, hasta que la tensión esté dentro de los márgenes fijados.

La caída de tensión máxima permitida depende de la función a la que ha sido encomendada. Así, el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión establece una caída de tensión máxima para el alumbrado del 4,5 % y un 6,5 % para los demás usos.

### 1.3.1. LÍNEA GENERAL (CT-CGD)

Es la línea que une el centro de transformación con el cuadro general. Transporta toda la corriente de la instalación y estará diseñada para poder aprovechar el 100% de la potencia del transformador, para posibles nuevas ampliaciones.

Esta línea deberá soportar la suma de todas las corrientes señaladas anteriormente. Teniendo en cuenta que el suministro es trifásico:

$$S = 400 \text{ KVA}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_N} = \frac{400000}{\sqrt{3} \times 400} = 577,35 \text{ A}$$

La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general de distribución es de 32 metros.

La línea será subterránea y cumplirá todo lo establecido por la ITC-BT07. Los conductores serán:

- Conductor de cobre
- Tensión mínima asignada 0,6/1 KV

- Aislamiento polietileno reticulado(XLPE)
- Cables unipolares

La sección indicada para este caso según el criterio térmico será de 300 mm<sup>2</sup> por conductor con un conductor por fase. La obtenemos de la tabla 7.5 del REBT sabiendo que la temperatura del terreno es de 25°, profundidad de la instalación será de 0,7 metros y la resistividad térmica del terreno es de 1K x m/W.

Aplicando el criterio de la caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{L \times P}{c \times S \times V_L} = \frac{32 \times 400000}{56 \times 300 \times 400} = 1,90V$$

Lo pasamos a porcentaje:

$$\% = \frac{1,90V}{400V} \times 100 = 0,47\%$$

Por tanto, la línea queda constituida por un conductor de 300 milímetros cuadrados por fase y el neutro de 150 milímetros cuadrados, es decir **3x300/150**. (Tabla 7.1 del RBT).

### 1.3.2. LÍNEAS A LOS CUADROS AUXILIARES (CDG-C.AUX)

Es el tramo de línea comprendido entre el cuadro general y cada uno de los cuadros secundarios. El reglamento nos permite una caída de tensión total del 4,5 % para el alumbrado y del 6,5 % para los demás usos. Teniendo en cuenta que en la línea general ya nos ha caído un 0,47%, ahora sólo podrá caer u 4,03% para el alumbrado y 6,03% para lo demás.

Para este cálculo vamos a hacer uso de la **ITC-BT 07 del REBT ya que nos encontramos ante una instalación subterránea para distribución de baja tensión**. Los conductores utilizados serán:

- Conductores de cobre
- Tensión asignada 0,6/1 KV
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)
- Cables unipolares

Por tanto usaremos la tabla 7.5 del Reglamento. A continuación se muestran en una tabla con las secciones de los conductores y la caída de tensión total hasta los cuadros auxiliares. Para la elaboración de esta tabla se han usado los datos de las tablas de los cuadros auxiliares mostradas en el punto 2.2 Cálculo de las corrientes de línea.

LINEA	P(KW)	Cos $\phi$	Ical	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$ (V)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ total (V)	$\Delta V$ total (%)	CABLE (mm <sup>2</sup> )	ITC aplicada
Cuadro auxiliar TCP	84,00	0,85	142,64	23	25	3,40	0.80	5.30	1.32	3x25/16+T16	ITC BT 07
Cuadro auxiliar TME	83,79	0,84	143,98	50	25	7,48	1.81	9.38	2.30	3x25/16+T16	ITC BT 07
Cuadro auxiliar O	56,04	0,87	92,97	23	16	3,59	0.89	5.49	1.37	3x16/10+T16	ITC BT 07
Cuadro auxiliar IE	21,60	0,88	35,43	61	10	5,88	1.47	7.78	1.95	3x16/10+T16	ITC BT 07
Cuadro auxiliar C.T	12,36	0,80	22,30	30	6	2,75	0.69	4.65	1.16	3x6/6	ITC BT 07

Los tubos protectores transportarán la manguera de cables compuesta por los tres conductores de fase, el conductor neutro y tierra. El diámetro exterior de cada uno de los tubos se expone a continuación (elegidos siguiendo la **ITC-BT 21 tabla 21.8 y 21.9** que son los tubos de las canalizaciones enterradas).

LINEA	CANALIZACION	DIAMETRO EXTERIOR TUBO (mm)
Cuadro Auxiliar TCP	subterránea	90
Cuadro Auxiliar TME	subterránea	90
Cuadro Auxiliar O	subterránea	63
Cuadro Auxiliar IE	subterránea	63
Cuadro Auxiliar C.T	subterránea	50

### 1.3.3. LÍNEAS A LOS RECEPTORES

Es el tramo de conductores comprendido entre los cuadros auxiliares y el receptor o grupo de receptores final.

Para el cálculo vamos a hacer uso de la **ITC-BT 19 del REBT por que nos encontramos ante una instalación interior**. Por tanto usaremos la tabla 19.2 del Reglamento.

Los conductores utilizados serán:

- Conductores de cobre
- Tensión asignada 0,6/1 KV
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)
- Cables multiconductores en tubos en montaje empotrado en obra.

A continuación se muestran en una tabla con las secciones de los conductores y la caída de tensión total.

Los conductores quedarán dimensionados para la corriente máxima que pueda solicitar el receptor o grupo de receptores. En el caso de las líneas que alimentan directamente a receptores motores, se prevé una corriente máxima igual a la máxima corriente de arranque permitida por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y en el caso de los receptores de alumbrado la corriente máxima será el producto de la corriente nominal por el factor 1,8.

La caída de tensión se calcula para un régimen de funcionamiento permanente, es decir, no se tiene en cuenta la condición de máxima corriente, como en el arranque de motores. No obstante, se dejará siempre un amplio margen de caída de tensión disponible.



Instalación eléctrica de una compraventa de automóviles  
Oscar Pardiñas García  
Cálculos



### 1.3.3.1. CUADRO AUXILIAR TCP

Nº Circuito	RECEPTOR	Pn (KW)	COS $\varphi$	I <sub>calc</sub> (A)	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$ (V)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ total (%)	CABLE (mm <sup>2</sup> )	TUBO (mm)	RBT ITC
C1.1	Extractor 1, Extractor 2	2.75	0.80	4.96	34.00	2.5	1.57	0.39	1.71	3x2.5/2.5+T2.5	25	19
C1.2	Elevador 1, elevador 2	13.20	0.85	22.42	42.00	4	6.18	1.54	2.86	3x4/4+T4	25	19
C1.3	Elevador 3, elevador 4	13.20	0.85	22.42	27.00	4	3.97	0.99	2.31	3x4/4+T4	25	19
C1.4	6 tomas monofásicas, 6 tomas trifásicas	15.90	0.80	28.69	37.20	6	4.40	1.10	2.42	3x6/6+T6	25	19
C1.5	6 tomas monofásicas, 6 tomas trifásicas	15.90	0.80	28.69	84.00	10	5.96	1.49	2.81	3x10/10+T10	32	19
C1.6	6 tomas monofásicas, 6 tomas trifásicas	15.90	0.80	28.69	33.50	6	3.96	0.99	2.31	3x6/6+T6	25	19
C1.7	Cámara de pintura 1	10.63	0.85	18.05	44.70	4	5.30	1.32	2.64	3x4/4+T4	25	19
C1.8	Cámara de pintura 2	10.63	0.85	18.05	39.00	4	4.63	1.15	2.47	3x4/4+T4	25	19
C1.9	Alumbrado taller chapa pintura línea 1	5.76	0.90	27.82	59.30	6	4.90	2.00	3.32	2x6+T6	25	19
C1.10	Alumbrado taller chapa pintura línea 2	5.76	0.90	27.82	46.70	6	3.86	1.67	2.99	2x6+T6	25	19
C1.11	Alumbrado taller chapa pintura línea 3	5.76	0.90	27.82	34.10	6	2.82	1.23	2.55	2x6+T6	25	19
C1.12	Alumbrado taller chapa pintura emergencias línea 1	0.03	1.00	0.13	59.40	1.5	0.18	0.08	1.40	2x1.5+T2.5	16	19
C1.13	Alumbrado taller chapa pintura emergencias línea 2	0.03	1.00	0.13	23.88	1.5	0.07	0.03	1.35	2x1.5+T2.5	16	19
C1.14	Alumbrado taller chapa pintura emergencias línea 3	0.03	1.00	0.13	35.20	1.5	0.11	0.05	1.37	2x1.5+T2.5	16	19



### 1.3.3.2. CUADRO AUXILIAR TME

Nº Circuito	RECEPTOR	Pn (KW)	COS φ	Icalc (A)	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	ΔV (V)	ΔV (%)	ΔV total (%)	CABLE (mm <sup>2</sup> )	TUBO (mm)	RBT ITC
C2.1	Extractor 1, Extractor 2	2.75	0.80	4.96	34.00	2.5	1.57	0.39	2.69	3x2.5/2.5+T2.5	25	19
C2.2	Elevador 5, elevador 6	13.20	0.85	22.42	42.00	4	6.18	1.54	3.84	3x4/4+T4	25	19
C2.3	Elevador 7, elevador 8	13.20	0.85	22.42	27.00	4	3.97	0.99	3.29	3x4/4+T4	25	19
C2.4	6 tomas monofásicas, 6 tomas trifásicas	15.90	0.80	28.69	37.20	6	4.40	1.10	3.40	3x6/6+T6	25	19
C2.5	6 tomas monofásicas, 6 tomas trifásicas	15.90	0.80	28.69	84.00	10	5.96	1.49	3.79	3x10/10+T10	32	19
C2.6	6 tomas monofásicas, 6 tomas trifásicas	15.90	0.80	28.69	33.50	6	3.96	0.99	3.29	3x6/6+T6	25	19
C2.7	Motor puerta automática	1.10	0.80	6.00	6.60	1.5	0.65	0.16	2.46	3x1.5/1.5+T2.5	20	19
C2.8	Alumbrado taller mecánica electricidad línea 1	5.76	0.90	27.82	59.30	6	4.90	2.00	4.3	2x6+T6	25	19
C2.9	Alumbrado taller mecánica electricidad línea 2	5.76	0.90	27.82	46.70	6	3.86	1.67	3.97	2x6+T6	25	19
C2.10	Alumbrado taller mecánica electricidad línea 3	5.76	0.90	27.82	34.10	6	2.82	1.23	3.53	2x6+T6	25	19
C2.11	Alumbrado taller mecánica electricidad emergencias línea 1	0.03	1.00	0.13	59.40	1.5	0.18	0.08	2.38	2x1.5+T2.5	16	19
C2.12	Alumbrado taller mecánica electricidad emergencias línea 2	0.03	1.00	0.13	23.88	1.5	0.07	0.03	2.33	2x1.5+T2.5	16	19
C2.13	Alumbrado taller mecánica electricidad emergencias línea 3	0.03	1.00	0.13	35.20	1.5	0.11	0.05	2.35	2x1.5+T2.5	16	19
C2.14	Alumbrado exterior del taller línea 1	2.25	0.90	10.86	55.00	4	2.66	1.16	3.46	2x4+T4	20	19
C2.15	Alumbrado exterior del taller línea 2	2.25	0.90	10.86	57.00	4	2.76	1.20	3.5	2x4+T4	20	19
C2.16	Alumbrado exterior del taller línea 3	2.25	0.90	10.86	116.0	6	3.75	1.63	3.93	2x6+T6	25	19



### 1.3.3.3. CUADRO AUXILIAR O

Nº Circuito	RECEPTOR	P <sub>n</sub> (W)	COS φ	I <sub>calc</sub> (A)	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	ΔV (V)	ΔV (%)	ΔV total (%)	CABLE (mm <sup>2</sup> )	TUBO (mm)	RBT ITC
C3.1	Alumbrado sala de reuniones y sala de espera/hall	1779	0.9	2.85	16	1.5	0.47	0.12	1.49	3x1.5/1.5+T2.5	20	19
C3.2	Alumbrado cambiadores, pasillo aseos, WC 1 y WC 2	542	0.9	0.87	12	1.5	0.11	0.03	1.40	3x1.5/1.5+T2.5	20	19
C3.3	Alumbrado recepción, admisión, administración y archivo	1437	0.9	2.29	20	1.5	0.48	0.12	1.49	3x1.5/1.5+T2.5	20	19
C3.4	Alumbrado oficina 1, oficina 2, oficina 3	1579	0.9	2.53	25	1.5	0.65	0.16	1.53	3x1.5/1.5+T2.5	20	19
C3.5	Alumbrado exterior línea 1	1350	0.9	6.52	19	1.5	1.48	0.64	2.01	2x1.5+T2.5	16	19
C3.6	Alumbrado exterior línea 2	1350	0.9	6.52	40	1.5	1.48	0.64	2.01	2x1.5+T2.5	16	19
C3.7	Alumbrado exterior línea 3	1350	0.9	6.52	27	1.5	1.48	0.64	2.01	2x1.5+T2.5	16	19
C3.8	Tomas monofásicas sala de reuniones, sala de espera/hall, recepción, admisión y administración.	12082	0.85	58.37	17	10	1.77	0.77	2.14	2x10+T10	25	19
C3.9	Tomas de corriente monofásica cambiadores, pasillo aseos, WC 1 y WC 2	5300	0.85	27.11	12	4	2.46	1.07	2.44	2x4+T4	20	19
C3.10	Tomas de corriente monofásicas de oficina 1, oficina 2, oficina 3 y archivo	10600	0.85	54.22	27	10	4.44	1.93	3.30	2x10+T10	25	19
C3.11_SAI	S.A.I. Sistema de alimentación ininterrumpida entrada	8000	1	34.78	2	6	0.41	0.18	1.55	2x6+T6	25	19
C3.12_SAI	S.A.I. Sistema de alimentación ininterrumpida salida	8000	1	34.78	28	6	5.79	2.52	3.89	2x6+T6	25	19
C3.13	Calentador eléctrico	1150	0.9	5.56	11	1.5	1.30	0.57	1.94	2x1.5+T2.5	16	19
C3.14	Aire acondicionado	4000	0.9	6.42	12	1.5	1.43	0.36	1.73	3x1.5/1.5+T2.5	16	19



#### 1.3.3.4. CUADRO AUXILIAR IE

Para este cálculo vamos a hacer uso de la **ITC-BT 19 del REBT** ya que nos encontramos ante una **instalación interior**. Los conductores utilizados serán:

- Conductores de cobre
- Tensión asignada 0,6/1 KV
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)
- Cables multiconductores en tubos en montaje superficial.

Por tanto usaremos la tabla 19.2 del Reglamento. A continuación se muestran en una tabla con las secciones de los conductores y la caída de tensión total.

Nº Circuito	RECEPTOR	P <sub>n</sub> (KW)	COS $\phi$	I <sub>calc</sub> (A)	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$ (V)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ total (%)	CABLE (mm <sup>2</sup> )	TUBO (mm)	RBT ITC
C4.1	Iluminación exposición circuito 1	7.2	0.88	35.57	95	16	3.68	1.60	2.97	2x16+T16	32	19
C4.2	Iluminación exposición circuito 2	7.2	0.88	35.57	70	16	2.71	1.18	2.89	2x16+T16	32	19
C4.3	Iluminación exposición circuito 3	7.2	0.88	35.57	95	16	3.68	1.60	2.97	2x16+T16	32	19



### 1.3.3.5. CUADRO AUXILIAR CT

Para este cálculo vamos a hacer uso de la **ITC-BT 19 del REBT** ya que nos encontramos ante una **instalación interior**. Los conductores utilizados serán:

- Conductores de cobre
- Tensión asignada 0,6/1 KV
- Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE)
- Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrado en obra.

Por tanto usaremos la tabla 19.2 del Reglamento. A continuación se muestran en una tabla con las secciones de los conductores y la caída de tensión total.

Nº Circuito	RECEPTOR	Pn (KW)	COS $\phi$	I <sub>calc</sub> (A)	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$ (V)	$\Delta V$ (%)	$\Delta V$ total (%)	CABLE (mm <sup>2</sup> )	TUBO (mm)	RBT ITC
C5.1	Toma trifásica (16A) - Toma monofásicas (4 bases)	14,77	0,80	26,64	3	6	0,33	0,08	0,76	3x6/6+T6	25	19
C5.2	Alumbrado centro transformación - emergencias	0,40	0,90	1,93	4	1,5	0,09	0,04	0,72	2x1,5+T2,5	16	19

## 2. CÁLCULOS DE LAS PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN

### 2.1. CÁLCULO DE LAS IMPEDANCIAS DE CORTOCIRCUITO

En primer lugar, calcularemos las impedancias de cada uno de los elementos que forman nuestra instalación:

#### Línea de media tensión

La potencia de cortocircuito que proporciona la red es de 500MVA. Este es un dato suministrado por la Compañía Suministradora (IBERDROLA S.A.).

$$X_A' = \frac{U^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{500 \times 10^6} = 0,35 j\Omega$$

Este valor está referido a MT, para pasarlo a BT, hacemos lo siguiente:

$$X_A \big|_{BT} = 0,35 \times \left( \frac{400}{13200} \right)^2 = 3,21 \times 10^{-4} j\Omega$$

#### Transformador

Al igual que en el caso anterior supondremos que toda la impedancia es parte reactiva. Para un transformador de 400KVA, la  $V_{cc}$  es del 4%.

$$X_{T1} = U_{cc} \times \frac{U^2}{S_n} = \frac{4}{100} \times \frac{400^2}{400 \times 10^3} = 0,016 j\Omega$$

#### Conductores

La impedancia de los conductores la consideramos toda resistiva. Esto lo podemos hacer por estar en baja tensión.

$$R_L = \rho \left( \frac{\Omega \times mm^2}{m} \right) \times \frac{L(m)}{S(mm^2)}$$

Donde  $\rho$  para un conductor de cobre y a 20°C es  $0,0178 \left( \frac{\Omega \times mm^2}{m} \right)$ .

## Aparamenta

Para cada protección, consideraremos  $0,15\text{m}\Omega$  reactivos.

$$X_{AUT} = 0,15 \times 10^{-3} \text{ j}\Omega$$

Una vez calculadas todas las impedancias de los elementos de nuestra instalación, procederemos al cálculo de las protecciones. Para ello calcularemos en primer lugar las corrientes de cortocircuito máxima y mínima de los interruptores automáticos. El cálculo de la corriente de cortocircuito mínima nos sirve para determinar la curva del interruptor automático y el tiempo de desconexión.

Para el **cálculo de la corriente de cortocircuito máxima** tendremos en cuenta todo lo que hay aguas arriba del interruptor automático a calcular. Fórmula empleada para el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima:

$$I_{CC \max} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} |Z_d|}$$

$$\text{Donde } Z_d = R_L + (X_A + X_T + X_{AUT})j$$

Nota:  $c=1$  por tratarse de líneas de 230/400V en el caso del cálculo de  $I_{CC \max}$

Para el **cálculo de la corriente de cortocircuito mínima** tendremos en cuenta lo que se encuentra aguas abajo del interruptor y las consideraciones explicadas en el proceso de cálculo descrito a continuación. Fórmula empleada para el cálculo de la corriente de cortocircuito mínima:

$$I_{CC \min} = \frac{c \times U_n \times \sqrt{3}}{|2Z_d + Z_0|}$$

$$\text{Donde } Z_0 = 3R_{(90^\circ)} + (X_{T0} + X_{L0} + X_{AUT0})j$$

Siendo:

$$X_{A0} = 0 \times X_A$$

$$X_{T0} = X_T$$

$$X_{L0} = 3 \times X_L$$

$$X_{AUT0} = 3 \times X_{AUT}$$

$$R_{(90^\circ)} = R_{(20^\circ)} \times (1 + \alpha \Delta T)$$

Nota: -  $\alpha = 4 \times 10^{-3}$ , para todos los metales.

-  $\Delta T = T - 20^\circ\text{C}$ , siendo T la temperatura máxima admisible asignada al conductor, en nuestro caso 250, por tratarse de un cable aislado con aislamiento de polietileno reticulado.

-  $c = 0,95$  por tratarse de una línea trifásica de 400V para el cálculo de  $I_{CC \min}$ .

### 2.1.1. UBICACIÓN DEL CUADRO AUXILIAR CT

A la hora de diseñar el cuadro auxiliar del centro de transformación para alimentar los servicios básicos de este, nos surgen dos formas a estudiar. La primera de ellas consiste en tener un cuadro desde el que alimentamos los servicios básicos del centro de transformación por un lado y por otro, sacamos la línea que llegará al cuadro general de distribución del concesionario. La otra de las formas es llevar un cable directamente desde el transformador al cuadro general de distribución y una vez en este volvemos al centro de transformación a un cuadro auxiliar desde el que alimentamos los servicios del centro de transformación. A continuación se exponen las cuentas de ambas opciones.

$$\begin{aligned}X_A &= 3,21 \times 10^{-4} \text{ j}\Omega \\X_T &= 0,016 \text{ j}\Omega \\X_{AUT} &= 0,15 \times 10^{-3} \text{ j}\Omega \\R_L &= 0,0178 \frac{L}{S}\end{aligned}$$

#### Primera opción

Calculo del interruptor general:

$$\begin{aligned}R_L &= 0,0178 \frac{1}{300} = 5,93 \times 10^{-5} \\|Z_d| &= \left| (5,93 \times 10^{-5}) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3}) \right| = 0,01647\end{aligned}$$

$$I_{CC \max} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,01647} = 14021 \text{ A} \longrightarrow PdC = 15 \text{ KA}$$

Cálculo de los interruptores de los servicios generales:

$$\begin{aligned}R_L &= 0,0178 \frac{1}{300} = 5,93 \times 10^{-5} \\|Z_d| &= \left| (5,93 \times 10^{-5}) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3} \times 2) \right| = 0,01662\end{aligned}$$

$$I_{CC \max} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,01662} = 13895 \text{ A} \longrightarrow PdC = 15 \text{ KA}$$

## Segunda opción

Calculo del interruptor general:

$$R_L = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$|Z_d| = |(1,90 \times 10^{-3}) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3})| = 0,0165$$

$$I_{CC \max} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,0165} = 13996 \longrightarrow PdC = 15 KA$$

Cálculo de los interruptores de los servicios generales:

$$R_{L1} = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0,0178 \frac{32}{6} = 0,095$$

$$R_{LT} = R_{L1} + R_{L2} = 0,00190 + 0,095 = 0,0969$$

$$|Z_d| = |(0,0969) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3} \times 4)| = 0,098$$

$$I_{CC \max} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,098} = 2356 \longrightarrow PdC = 4.5 KA$$

Como se puede observar en los cálculos para los interruptores de los servicios generales, con la primera opción nos harían falta interruptores con un poder de corte de 15 KA y para la segunda opción con un poder de corte de 4.5 KA.

La segunda opción nos sale más económica, además de ser la más conveniente, por lo tanto optaremos por ella.

### 2.1.2. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

En el cuadro general de distribución tendremos en cuenta el conductor que llega hasta él, cuya longitud es de 32 metros y 300 mm<sup>2</sup> de sección. Este conductor es de cobre y su aislamiento es de XLPE.

La corriente de cortocircuito máxima de todas las protecciones de un mismo cuadro será la misma, y por tanto también será igual el poder de corte de estas, ya que se calcula a partir de lo que se tiene aguas arriba de la protección y esto es lo mismo para todas.

La corriente de cortocircuito mínima, depende de la resistencia del conductor aguas abajo, por lo que deberemos tener en cuenta la longitud y sección de los conductores hacia los cuadros auxiliares.

#### Cálculo de $I_{CCmax}$ :

Calculo del interruptor general del CGD:

$$R_L = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$|Z_d| = \left| (1,90 \times 10^{-3}) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3}) \right| = 0,0165$$

$$I_{CCmax} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,0165} = 13996 \longrightarrow PdC = 15 KA$$

Calculo de los interruptores a los cuadros auxiliares:

$$R_L = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$|Z_d| = \left| (1,90 \times 10^{-3}) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3} \times 2) \right| = 0,0167$$

$$I_{CCmax} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,0167} = 13828 \longrightarrow PdC = 15 KA$$



### Cálculo de $I_{CCmin}$ :

Para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito, exponemos a continuación un cuadro con las resistencias de cada conductor del tramo del CGD a los cuadros auxiliares ( $R_{L2}$ ), la impedancia directa, la impedancia homopolar, el resultado de la corriente de cortocircuito mínima calculada con la fórmula que aparece a continuación y el tiempo de desconexión.

$$I_{CCmin} = \frac{c \times U_n \times \sqrt{3}}{|2Z_d + Z_0|} \quad t_{desc} = \frac{Cc \times S^2}{I_{CCmin}^2} > 0,1seg$$

Para el cálculo de la impedancia directa e impedancia homopolar, la resistencia de la línea es la suma de todas las líneas aguas arriba y aguas abajo ( $R_{L1} + R_{L2}$ ).

$$\begin{aligned} R_{L1} &= 0,0178 \frac{32}{300} = 1,9 \times 10^{-3} \\ R_{L2, TCP} &= 0,0178 \frac{23}{25} = 0.0164 \\ R_{L2, TME} &= 0,0178 \frac{50}{25} = 0.0365 \\ R_{L2, O} &= 0,0178 \frac{23}{16} = 0.0256 \\ R_{L2, IE} &= 0,0178 \frac{61}{16} = 0.068 \\ R_{L2, CT} &= 0,0178 \frac{30}{6} = 0.089 \end{aligned}$$

LINEA	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	$R_{L2}$	$Z_d$	$Z_0$	$I_{CCmin}$	$t_{desc}$
Cuadro TCP	23	25	0.0164	0.0389	0.1093	3517	1.03
Cuadro TME	50	25	0.0365	0.0740	0.2183	1796	3.96
Cuadro O	23	16	0.0256	0.0554	0.1611	2420	0.89
Cuadro IE	61	10	0.0680	0.1203	0.3370	1214	5.39
Cuadro CT	30	6	0.0890	0.1750	0.5246	752	1.30

En el caso de que alguno de los tiempos de desconexión fuera menor a 0,1 segundos se debería recalcular.



A continuación, se describe cada uno de los interruptores especificando su calibre, poder de corte y curva de funcionamiento.

#### Interruptor magnetotérmico de cabecera

Interruptor automático NSX630 (630A regulable, 50KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV432894

## **Protección cuadro TCP**

### **CGD**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 143 \leq I_N \leq 160 \rightarrow I_N = 160$

PdC: 15KA (36 KA como mínimo disponible para esa  $I_N$ )

Curva de funcionamiento: Al ser mayor la  $I_N$  de 125 amperios este tipo de interruptor lleva protección contra cortocircuito temporizable (6 a 14 x  $I_N$ ).

Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

Diferencial Compact NSX160 (160A, 300mA, 4P) Ref. LV429211

### **Cuadro Auxiliar**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 143 \leq I_N \leq 160 \rightarrow I_N = 160$

No hay de valores nominales de 125A que es el que necesitamos para conseguir una buena selectividad, pero elegimos el de  $I_N = 160$  que tiene regulación térmica (0,7 a 1 x  $I_N$ ) que nos sirve regulándolo a  $0,96 \times I_N$ .

PdC: 15KA (36 KA como mínimo disponible para esa  $I_N$ )

Curva de funcionamiento: Al ser mayor la  $I_N$  de 125 amperios este tipo de interruptor lleva protección contra cortocircuito temporizable (6 a 14 x  $I_N$ ).

Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

## **Protección cuadro TME**

### **CGD**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 144 \leq I_N \leq 160 \rightarrow I_N = 160$

PdC: 15KA (36 KA como mínimo disponible para esa  $I_N$ )

Curva de funcionamiento: Al ser mayor la  $I_N$  de 125 amperios este tipo de interruptor lleva protección contra cortocircuito temporizable (6 a 14 x  $I_N$ ).

Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

Diferencial Compact NSX160 (160A, 300mA, 4P) Ref. LV429211

### **Cuadro Auxiliar**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 143 \leq I_N \leq 160 \rightarrow I_N = 160$

No hay de valores nominales de 125A que es el que necesitamos para conseguir una buena selectividad, pero elegimos el de  $I_N = 160$  que tiene regulación térmica (0,7 a 1 x  $I_N$ ) que nos sirve regulándolo a  $0,96 \times I_N$ .

PdC: 15KA (36 KA como mínimo disponible para esa  $I_N$ )

Curva de funcionamiento: Al ser mayor la  $I_N$  de 125 amperios este tipo de interruptor lleva protección contra cortocircuito temporizable (6 a 14 x  $I_N$ ).

Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

## **Protección cuadro O**

### **CGD**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 93 \leq I_N \leq 125 \rightarrow I_N = 125$

No hay de valores nominales de 125A que es el que necesitamos para conseguir una buena selectividad, pero elegimos el de  $I_N = 160$  que tiene regulación térmica (0,7 a  $1 \times I_N$ ) que nos sirve regulándolo a  $0,78 \times I_N$ .

PdC: 15KA (36 KA como mínimo disponible para esa  $I_N$ )

Curva de funcionamiento: Al ser de 125A regulable este tipo de interruptor lleva protección contra cortocircuito temporizable (6 a  $14 \times I_N$ ).

Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

Diferencial Vigi C120 Clase AC (125A, 300mA, 4P) Ref. 18570

### **Cuadro auxiliar**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 93 \leq I_N \leq 125 \rightarrow I_N = 125$

No hay de valores nominales de 125A que es el que necesitamos para conseguir una buena selectividad, pero elegimos el de  $I_N = 160$  que tiene regulación térmica (0,7 a  $1 \times I_N$ ) que nos sirve regulándolo a  $0,74 \times I_N$ .

PdC: 15KA (36 KA como mínimo disponible para esa  $I_N$ )

Curva de funcionamiento: Al ser de 125A regulable este tipo de interruptor lleva protección contra cortocircuito temporizable (6 a  $14 \times I_N$ ).

Interruptor automático NSX160 (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable)  
Ref. LV430889

## **Protección cuadro IE**

### **CGD**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 36 \leq I_N \leq 70 \rightarrow I_N = 63$

PdC: 15KA

Curva de funcionamiento: Podemos elegir la curva B, C, D elijo la curva C que es la que nos ofrece mejor selectividad.

Interruptor automático C60H (63A, 15KA, 4P, C) Ref. 25019

Diferencial Clase AC (63A, 300mA, 4P) Ref. 23049

### **Cuadro auxiliar**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 36 \leq I_N \leq 70 \rightarrow I_N = 50$

PdC: 15KA

Curva de funcionamiento: Podemos elegir la curva B, C, D elijo la curva B que es la que nos ofrece mejor selectividad.

Interruptor automático C60H (50A, 15KA, 4P, B) Ref. 24758

## **Protección cuadro CT**

### **CGD**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 22 \leq I_N \leq 72 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 15KA

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir cualquiera de los 3 tipos de curva, pero elegiremos la curva tipo C ya que es la que mas económica nos sale.

Interruptor automático C60H (25A, 15KA, 4P, Curva D) Ref : 25219

Diferencial Clase Vigic60 (25A, 300mA, 4P) Ref: 26533

### **Cuadro auxiliar**

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 22 \leq I_N \leq 72 \rightarrow I_N = 25$

PdC: 15KA

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir cualquiera de los 3 tipos de curva, pero elegiremos la curva tipo C ya que es la que mas económica nos sale.

Interruptor automático C60H (25A, 15KA, 4P, Curva D) Ref : 25219

### 2.1.3. CUADRO AUXILIAR TCP

Al cuadro auxiliar TCP llega una línea de 23 metros de longitud y 25 mm<sup>2</sup> de sección.

#### Cálculo de $I_{CCmax}$ :

$$R_{L1} = 0.0178 \frac{32}{300} = 1.90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0.0178 \frac{23}{25} = 0.0164$$

$$R_T = 0.0183$$

$$|Z_d| = |(0.0183) + j(3.21 \times 10^{-4} + 0.016 + 0.15 \times 10^{-3} \times 4)| = 0.0249$$

$$I_{CCmax} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0.0249} = 9275 \longrightarrow PdC = 15KA$$

#### Cálculo de $I_{CCmin}$ :

Para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito, exponemos a continuación un cuadro con las resistencias de cada conductor del tramo del Cuadro auxiliar TCP a los receptores ( $R_{L3}$ ), la impedancia directa, la impedancia homopolar, el resultado de la corriente de cortocircuito mínima calculada con la fórmula que aparece a continuación y el tiempo de desconexión.

$$I_{CCmin} = \frac{c \times U_n \times \sqrt{3}}{|2Z_d + Z_0|}$$

$$t_{desc} = \frac{Cc \times S^2}{I_{CCmin}^2} > 0.1seg$$

Para el cálculo de la impedancia directa e impedancia homopolar, la resistencia de la línea es la suma de todas las líneas aguas arriba y aguas abajo ( $R_{L1} + R_{L2} + R_{L3}$ ).



$$R_{L1} = 0.0178 \frac{32}{300} = 1.90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0.0178 \frac{23}{25} = 0.0164$$

LINEA	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	R <sub>L3</sub>	Z <sub>d</sub>	Z <sub>0</sub>	I <sub>CCmin</sub>	t <sub>desc</sub>
C1.1	34	2.5	0.242	0.500	1.500	263	1.84
C1.2	42	4	0.187	0.395	1.183	334	2.93
C1.3	27	4	0.107	0.241	0.721	547	1.09
C1.4	37.2	6	0.110	0.248	0.742	531	2.61
C1.5	84	10	0.150	0.323	0.967	408	12.3
C1.6	33.5	6	0.099	0.227	0.679	580	2.19
C1.7	59.3	6	0.176	0.374	1.120	352	5.94
C1.8	46.7	6	0.139	0.302	0.904	436	3.87
C1.9	34.1	6	0.101	0.229	0.688	574	2.23
C1.10	59.4	1.5	0.705	1.388	4.165	94	5.21
C1.11	23.88	1.5	0.283	0.579	1.738	227	0.89
C1.12	35.2	1.5	0.418	0.837	2.512	157	1.87
C1.13	44.7	4	0.199	0.418	1.252	315	3.30
C1.14	39	4	0.174	0.369	1.108	356	2.58

En el caso de que alguno de los tiempos de desconexión fuera menor a 0,1 segundos se debería recalcular.

A continuación, se describe cada uno de los interruptores especificando su calibre, poder de corte y curva de funcionamiento.

### Protección C1.1 (B2,3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 4.96 \leq I_N \leq 22 \rightarrow I_N = 16$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (16A, 15KA, 4P, Curva B) Ref. 18428.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C1.2 (B2,3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 22.42 \leq I_N \leq 30 \rightarrow I_N = 25$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (25A, 15KA, 4P, Curva B) Ref. 18430.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C1.3 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 22.42 \leq I_N \leq 30 \rightarrow I_N = 25$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (25A, 15KA, 4P, Curva B) Ref. 18430.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

#### Protección C1.4 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 29 \leq I_N \leq 37 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 4P, Curva B) Ref. 18431.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

#### Protección C1.5 (B2,3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 29 \leq I_N \leq 52 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 4P, Curva B) Ref. 18431.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

#### Protección C1.6 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 29 \leq I_N \leq 37 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 4P, Curva B) Ref. 18431.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C1.7 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 18.05 \leq I_N \leq 30 \rightarrow I_N = 25$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (25A, 15KA, 4P, Curva B) Ref. 18430.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C1.8 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 18.05 \leq I_N \leq 30 \rightarrow I_N = 25$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (25A, 15KA, 4P, Curva B) Ref. 18430.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C1.9 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 28 \leq I_N \leq 44 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 2P, Curva B) Ref. 18409.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C1.10 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 28 \leq I_N \leq 44 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 2P, Curva B) Ref. 18409.

Curva de funcionamiento: En este caso sólo podemos elegir la curva B para conseguir una correcta selectividad debido a la  $I_{CCmin}$ .

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C1.11 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 28 \leq I_N \leq 44 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 15KA

Interruptor automático C120H (32A, 15KA, 2P, Curva B) Ref. 18409.

Curva de funcionamiento: En este caso sólo podemos elegir la curva B para conseguir una correcta selectividad debido a la  $I_{CCmin}$ .

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C1.12 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 0.13 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 0.5$

PdC: 15KA

Interruptor automático C60H (0.5A, 15KA, 2P, Curva C) Ref. 24902.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva C.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### Protección C1.13 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 0.13 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 0.5$

PdC: 15KA

Interrupción automática C60H (0.5A, 15KA, 2P, Curva C) Ref. 24902.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva C.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### Protección C1.14 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 0.13 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 0.5$

PdC: 15KA

Interrupción automática C60H (0.5A, 15KA, 2P, Curva C) Ref. 24902.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva C.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

#### 2.1.4. CUADRO AUXILIAR TME

Al cuadro auxiliar TME llega una línea de 50 metros de longitud y 25 mm<sup>2</sup> de sección.

##### Cálculo de $I_{CCmax}$ :

$$R_{L1} = 0.0178 \frac{32}{300} = 1.90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0.0178 \frac{50}{25} = 0.0356$$

$$R_T = 1.90 \times 10^{-3} + 0.0356 = 0.0375$$

$$|Z_d| = |(0.0375) + j(3.21 \times 10^{-4} + 0.016 + 0.15 \times 10^{-3} \times 4)| = 0.0411$$

$$I_{CCmax} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0.0411} = 5987 \longrightarrow PdC = 10KA$$

##### Cálculo de $I_{CCmin}$ :

Para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito, exponemos a continuación un cuadro con las resistencias de cada conductor del tramo del Cuadro auxiliar TME a los receptores ( $R_{L3}$ ), la impedancia directa, la impedancia homopolar, el resultado de la corriente de cortocircuito mínima calculada con la fórmula que aparece a continuación y el tiempo de desconexión.

$$I_{CCmin} = \frac{c \times U_n \times \sqrt{3}}{|2Z_d + Z_0|} \quad t_{desc} = \frac{Cc \times S^2}{I_{CCmin}^2} > 0.1seg$$

Para el cálculo de la impedancia directa e impedancia homopolar, la resistencia de la línea es la suma de todas las líneas aguas arriba y aguas abajo ( $R_{L1} + R_{L2} + R_{L3}$ ).

$$R_{L1} = 0.0178 \frac{32}{300} = 1.90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0.0178 \frac{50}{25} = 0.0356$$

LINEA	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	R <sub>L3</sub>	Z <sub>d</sub>	Z <sub>0</sub>	I <sub>CCmin</sub>	t <sub>desc</sub>
C2.1	34	2.5	0.242	0.242	0.500	263	1.84
C2.2	42	4	0.187	0.395	1.183	334	2.93
C2.3	27	4	0.107	0.241	0.721	547	1.09
C2.4	37	6	0.110	0.248	0.742	531	2.61
C2.5	84	10	0.150	0.323	0.967	408	12.3
C2.6	33.5	6	0.099	0.227	0.679	580	2.19
C2.7	6.6	1.5	0.0783	0.186	0.556	709	0.21
C2.8	59.3	6	0.176	0.374	1.120	352	5.94
C2.9	46.7	6	0.139	0.302	0.904	436	3.87
C2.10	34.1	6	0.101	0.229	0.688	574	2.23
C2.11	59.4	1.5	0.705	1.388	4.165	94	5.21
C2.12	23.9	1.5	0.283	0.579	1.738	227	0.89
C2.13	35.2	1.5	0.418	0.837	2.512	157	1.87
C2.14	55	4	0.245	0.506	1.516	260	4.84
C2.15	57	4	0.254	0.523	1.570	252	5.15
C2.16	116	6	0.34	0.696	2.089	189	20.0

En el caso de que alguno de los tiempos de desconexión fuera menor a 0,1 segundos se debería recalcular.

A continuación, se describe cada uno de los interruptores especificando su calibre, poder de corte y curva de funcionamiento.



### Protección C2.1 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 4.96 \leq I_N \leq 22 \rightarrow I_N = 10$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24102.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C2.2 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 22.42 \leq I_N \leq 30 \rightarrow I_N = 25$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (25A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24105.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C2.3 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 22.42 \leq I_N \leq 30 \rightarrow I_N = 25$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (25A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24105.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C2.4 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 29 \leq I_N \leq 37 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24106.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C2.5 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 29 \leq I_N \leq 52 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24106.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C2.6 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 29 \leq I_N \leq 37 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24106.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C2.7 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 6 \leq I_N \leq 16 \rightarrow I_N = 10$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24102.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C2.8 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 28 \leq I_N \leq 44 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24080.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C2.9 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 28 \leq I_N \leq 44 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24080.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C2.10 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 28 \leq I_N \leq 44 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24080.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C2.11 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 0.13 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 0.5$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (0.5A, 10KA, 2P, Curva C) Ref.24068 .

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva C.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### Protección C2.12 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 0.13 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 0.5$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (0.5A, 10KA, 2P, Curva C) Ref.24068 .

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva C.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### Protección C2.13 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 0.13 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 0.5$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (0.5A, 10KA, 2P, Curva C) Ref.24068.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva C.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### Protección C2.14 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 10.86 \leq I_N \leq 34 \rightarrow I_N = 20$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (20A, 10KA, 2P, Curva B) Ref.24078.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### Protección C2.15 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 10.86 \leq I_N \leq 34 \rightarrow I_N = 20$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (20A, 10KA, 2P, Curva B) Ref.24078.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038



Protección C2.16 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 10.86 \leq I_N \leq 44 \rightarrow I_N = 20$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (20A, 10KA, 2P, Curva B) Ref.24078.

Curva de funcionamiento: En este caso sólo podremos elegir la curva B debido a la  $I_{CCmin}$ .

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### 2.1.5. CUADRO AUXILIAR O

Al cuadro auxiliar O llega una línea de 23 metros de longitud y 16 mm<sup>2</sup> de sección.

#### Cálculo de $I_{CCmax}$ :

$$R_{L1} = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0,0178 \frac{23}{16} = 0,0256$$

$$R_T = 1,90 \times 10^{-3} + 0,0256 = 0,0275$$

$$|Z_d| = |(0,0275) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3} \times 4)| = 0,0323$$

$$I_{CCmax} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,0323} = 7149 \longrightarrow PdC = 10KA$$

#### Cálculo de $I_{CCmin}$ :

Para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito, exponemos a continuación un cuadro con las resistencias de cada conductor del tramo del Cuadro auxiliar O a los receptores ( $R_{L3}$ ), la impedancia directa, la impedancia homopolar, el resultado de la corriente de cortocircuito mínima calculada con la fórmula que aparece a continuación y el tiempo de desconexión.

$$I_{CCmin} = \frac{c \times U_n \times \sqrt{3}}{|2Z_d + Z_0|}$$

$$t_{desc} = \frac{Cc \times S^2}{I_{CCmin}^2} > 0,1seg$$

Para el cálculo de la impedancia directa e impedancia homopolar, la resistencia de la línea es la suma de todas las líneas aguas arriba y aguas abajo ( $R_{L1} + R_{L2} + R_{L3}$ ).

$$R_{L1} = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0,0178 \frac{23}{16} = 0.0256$$

LINEA	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	R <sub>L3</sub>	Z <sub>d</sub>	Z <sub>0</sub>	I <sub>CCmin</sub>	t <sub>desc</sub>
C3.1	16	1.5	0.190	0.418	1.254	315	0.464
C3.2	12	1.5	0.142	0.326	0.978	404	0.28
C3.3	20	1.5	0.237	0.508	1.524	259	0.68
C3.4	25	1.5	0.297	0.623	1.870	211	1.03
C3.5	19	1.5	0.225	0.485	1.455	271	0.63
C3.6	40	1.5	0.475	0.965	2.895	137	2.45
C3.7	27	1.5	0.320	0.668	2	197	1.19
C3.8	17	10	0.030	0.112	0.334	1179	1.47
C3.9	12	4	0.053	0.157	0.471	838	0.47
C3.10	27	10	0.048	0.146	0.435	905	2.50
C3.11	2	6	0.0059	0.066	0.199	1988	0.19
C3.12	28	6	0.200	0.437	1.311	301	1.41
C3.13	11	1.5	0.131	0.305	0.915	432	0.25
C3.14	12	1.5	0.142	0.326	0.978	404	0.28

En el caso de que alguno de los tiempos de desconexión fuera menor a 0,1 segundos se debería recalcular.

A continuación, se describe cada uno de los interruptores especificando su calibre, poder de corte y curva de funcionamiento.



### Protección C3.1 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 2.85 \leq I_N \leq 16 \rightarrow I_N = 6$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (6A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24101.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### Protección C3.2 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 0.87 \leq I_N \leq 16 \rightarrow I_N = 2$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (2A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24098.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref: 23038

### Protección C3.3 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 2.29 \leq I_N \leq 16 \rightarrow I_N = 6$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (6A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24101.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref: 23038

### Protección C3.4 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 2.53 \leq I_N \leq 16 \rightarrow I_N = 6$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (6A, 10KA, 4P, Curva B) Ref. 24101.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref: 23038

### Protección C3.5 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 6.52 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 10$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24076.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref: 23038

### Protección C3.6 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 6.52 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 10$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24076.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref: 23038

### Protección C3.7 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 6.52 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 10$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24076.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref: 23038

### Protección C3.8 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 58.37 \leq I_N \leq 60 \rightarrow I_N = 50$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (50A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24082.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C3.9 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 27.11 \leq I_N \leq 34 \rightarrow I_N = 32$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (32A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24080.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C3.10 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 54.22 \leq I_N \leq 60 \rightarrow I_N = 50$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (50A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24082.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B y C debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (63A, 30mA, 4P) Ref. 23047

### Protección C3.11 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 34.78 \leq I_N \leq 44 \rightarrow I_N = 40$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (40A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24081.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### Protección C3.13 (B2, 2xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 5.56 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 10$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24076.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042



Protección C3.14 (B2, 3xXLPE)

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 6.42 \leq I_N \leq 16 \rightarrow I_N = 10$

PdC: 10KA

Interruptor automático C60N (10A, 10KA, 2P, Curva B) Ref. 24076.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 4P) Ref. 23042

### 2.1.6. CUADRO AUXILIAR IE

Al cuadro auxiliar IE llega una línea de 61 metros de longitud y  $10 \text{ mm}^2$  de sección.

#### Cálculo de $I_{CC\max}$ :

$$R_{L1} = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0,0178 \frac{61}{10} = 0.1086$$

$$R_T = 1,90 \times 10^{-3} + 0.1086 = 0.1105$$

$$|Z_d| = |(0.1105) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3} \times 4)| = 0,1118$$

$$I_{CC\max} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,1118} = 2065 \longrightarrow PdC = 6KA$$

#### Cálculo de $I_{CC\min}$ :

Para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito, exponemos a continuación un cuadro con las resistencias de cada conductor del tramo del Cuadro auxiliar IE a los receptores ( $R_{L3}$ ), la impedancia directa, la impedancia homopolar, el resultado de la corriente de cortocircuito mínima calculada con la fórmula que aparece a continuación y el tiempo de desconexión.

$$I_{CC\min} = \frac{c \times U_n \times \sqrt{3}}{|2Z_d + Z_0|}$$

$$t_{desc} = \frac{Cc \times S^2}{I_{CC\min}^2} > 0,1seg$$

Para el cálculo de la impedancia directa e impedancia homopolar, la resistencia de la línea es la suma de todas las líneas aguas arriba y aguas abajo ( $R_{L1} + R_{L2} + R_{L3}$ ).

$$R_{L1} = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0,0178 \frac{61}{10} = 0,1086$$

LINEA	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	R <sub>L3</sub>	Z <sub>d</sub>	Z <sub>0</sub>	I <sub>CCmin</sub>	t <sub>desc</sub>
C4.1	95	16	0.1057	0.416	1.247	316	52
C4.2	70	16	0.0779	0.323	1.087	363	39
C4.3	95	16	0.1057	0.416	1.247	316	52

En el caso de que alguno de los tiempos de desconexión fuera menor a 0,1 segundos se debería recalcular.

A continuación, se describe cada uno de los interruptores especificando su calibre, poder de corte y curva de funcionamiento.

#### Protección C 4.1

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 35.57 \leq I_N \leq 70 \rightarrow I_N = 40$

PdC: 6 KA

Interruptor automático C60N (40A, 6KA, 2P, Curva B) Ref.24081.

Curva de funcionamiento: En este sólo podremos elegir la curva B debido a la  $I_{CCmin}$ .

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 2P) Ref. 23014

#### Protección C4.2

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 35.57 \leq I_N \leq 70 \rightarrow I_N = 40$

PdC: 6 KA

Interruptor automático C60N (40A, 6KA, 2P, Curva B) Ref.24081.

Curva de funcionamiento: En este sólo podremos elegir la curva B debido a la  $I_{CCmin}$ .

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 2P) Ref. 23014

#### Protección C 4.3

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 35.57 \leq I_N \leq 70 \rightarrow I_N = 40$

PdC: 6 KA

Interruptor automático C60N (40A, 6KA, 2P, Curva B) Ref.24081.

Curva de funcionamiento: En este sólo podremos elegir la curva B debido a la  $I_{CCmin}$ .

Diferencial Clase AC (40A, 30mA, 2P) Ref. 23014



### 2.1.7. CUADRO AUXILIAR CT

Al cuadro auxiliar CT llega una línea de 30 metros de longitud y 6 mm<sup>2</sup> de sección.

#### Cálculo de $I_{CCmax}$ :

$$R_{L1} = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0,0178 \frac{30}{6} = 0,089$$

$$R_T = 1,90 \times 10^{-3} + 0,089 = 0,0909$$

$$|Z_d| = |(0,0909) + j(3,21 \times 10^{-4} + 0,016 + 0,15 \times 10^{-3} \times 4)| = 0,092$$

$$I_{CCmax} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_d} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,092} = 2510 \longrightarrow PdC = 6KA$$

En Schneider Electric es el PdC más bajo disponible para los Interruptores Automáticos.

#### Cálculo de $I_{CCmin}$ :

Para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito, exponemos a continuación un cuadro con las resistencias de cada conductor del tramo del Cuadro del centro transformación a los receptores ( $R_{L3}$ ) la impedancia directa, la impedancia homopolar, el resultado de la corriente de cortocircuito mínima calculada con la fórmula que aparece a continuación y el tiempo de desconexión.

$$I_{CCmin} = \frac{c \times U_n \times \sqrt{3}}{|2Z_d + Z_0|}$$

$$t_{desc} = \frac{Cc \times S^2}{I_{CCmin}^2} > 0,1seg$$

Para el cálculo de la impedancia directa e impedancia homopolar, la resistencia de la línea es la suma de todas las líneas aguas arriba y aguas abajo ( $R_{L1} + R_{L2} + R_{L3}$ ).

$$R_{L1} = 0,0178 \frac{32}{300} = 1,90 \times 10^{-3}$$

$$R_{L2} = 0,0178 \frac{30}{6} = 0.089$$

LINEA	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	R <sub>L3</sub>	Z <sub>d</sub>	Z <sub>0</sub>	I <sub>CCmin</sub>	t <sub>desc</sub>
C5.1	3	6	0,009	0.193	0.577	583	1.57
C5.2	4	1,5	0,047	0.266	0.796	496	0.18

En el caso de que alguno de los tiempos de desconexión fuera menor a 0,1 segundos se debería recalcular.

A continuación, se describe cada uno de los interruptores especificando su calibre, poder de corte y curva de funcionamiento.

### Protección C5.1

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 25 \leq I_N \leq 37 \rightarrow I_N = 25$

PdC: 6KA

Interruptor automático C60N (25A, 6KA, 4P, Curva B) Ref. 24105.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B.

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 4P) Ref. 23038

### Protección C5.2

Calibre:  $I_{cal} \leq I_N \leq I_{adm} \rightarrow 1,93 \leq I_N \leq 18 \rightarrow I_N = 2$

PdC: 6KA

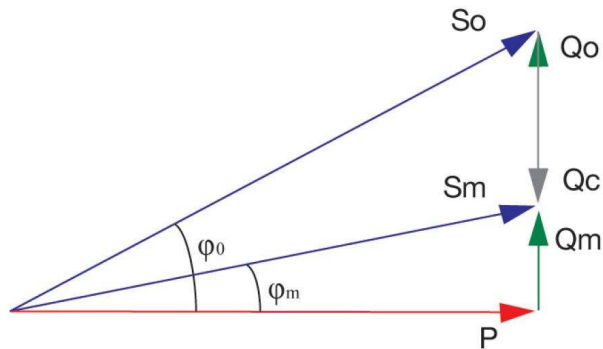
Interruptor automático C60N (2A, 6KA, 2P, Curva B) Ref. 24072.

Curva de funcionamiento: En este caso podríamos elegir entre la curva B, C y D debido a la  $I_{CCmin}$ , pero para conseguir la selectividad que queremos optaremos por la curva B

Diferencial Clase AC (25A, 30mA, 2P) Ref. 23009.

### 3. CÁLCULO DE COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

El cálculo de la potencia reactiva  $Q_c$  de una batería de condensadores para corregir el factor de potencia de un receptor de potencia activa  $P$ , desde un valor de  $\cos\varphi_0$  a otro  $\cos\varphi_m$ , se hace según el triángulo de potencias representado a continuación:



$Q_0$  y  $S_0$  son potencias sin conexión de baterías de compensación

$Q_m$  y  $S_m$  son potencias con conexión de baterías de compensación (mejoradas)

La potencia reactiva inicial de la instalación es  $Q_0 = P \times \tan\varphi_0$

La potencia reactiva final después de conectar los condensadores es  $Q_m = P \times \tan\varphi_m$

Por lo tanto, la potencia reactiva compensada por los condensadores será:

$$Q_c = Q_0 - Q_m = P (\tan\varphi_0 - \tan\varphi_m)$$

#### 3.1. CALCULO DE LA POTENCIA REACTIVA A INSTALAR

Hallaremos el  $\cos\varphi$ :

Sumaremos todas las potencias activas de los cuadros  $P_{TOT}$

Sumaremos todas las potencias aparentes de los cuadros  $S_{TOT}$

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_{TOT}}{S_{TOT}} = \frac{258KW}{318KVA} = 0,81$$

$$\varphi_0 = 35.90^\circ$$

La potencia reactiva inicial de la instalación será:

$$Q_0 = P \times \tan\varphi_0 = 258 \times \tan 35.90^\circ = 187 \text{ KVAr}$$

Queremos elevar el factor de potencia hasta un valor de 0,99, con este factor de potencia la energía consumida será:

$$\varphi_m = 8,10^\circ$$

$$Q_m = P \times \tan\varphi_m = 258 \times \tan 8,10^\circ = 37 \text{ KVAr}$$

Así pues, la potencia reactiva compensada por los condensadores será:

$$Q_c = Q_0 - Q_m = 187 - 37 = 150 \text{ KVAr}$$

### 3.2. SOLUCIÓN ADOPTADA

Se va a realizar una compensación por medio de una batería de condensadores automática, la cual ira colocada al lado del Cuadro General de Distribución.

Se ha elegido una batería de condensadores Cisar Serie 500 con las siguientes características:

- 175 KVA<sub>r</sub> con escalonamiento (3×25 + 2×50).
- 400V.
- 50 Hz.
- Regulador automático.

### 3.3. CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE UNIÓN DE LAS BATERÍAS

En la ITC-BT 48, apartado 2.3, nos dice que los aparatos de mando y protección de los condensadores deberán soportar, en régimen permanente, de 1,5 a 1,8 veces la intensidad nominal asignada del condensador, a fin de tener en cuenta los armónicos y las tolerancias sobre las capacidades. Dotaremos a las líneas de unión a las baterías de un margen de 1,6.

$$I = \frac{Q}{\sqrt{3} \times V_L \times \sin\phi} = \frac{175000}{\sqrt{3} \times 400 \times \sin 90} = 252,6A$$

Aplicándole la corrección del 1,5 nos queda:

$$I_c = I \times 1,5 = 252,6 \times 1,5 = 378,9A$$

El cable del Cuadro General de Distribución hacia la batería de condensadores será de 300 mm<sup>2</sup> por fase según se indica en la ITC-BT 19 para una instalación de cables multiconductores en tubos de montaje superficial, con aislamiento XLPE.

### 3.4. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE LAS BATERÍAS

Dotaremos al interruptor automático también con un factor del 1,5 como se indica en ITC-BT 48, apartado 2.3, y como también se ha especificado en el apartado anterior del cálculo del conductor de unión de las baterías.

- Interruptor automático

- Calibre: 400 A  $I_{cal}=378.9$   $I_{adm}=423$  Calibre=400A
- Poder de Corte: 50KA (con 15 KA valdría pero no hay de menor poder de corte para esa  $I_N$ )
- Protección contra cortocircuitos regulable (de 5 a 10 x  $I_N$ )
- Interruptor automático NSX400 (400A, 50KA, 4P, de 5 a 10x $I_N$ )
- Ref. LV432694

- Diferencial

- Calibre: 400A
- Sensibilidad: 300mA
- Tripolar
- Diferencial Compact NSX400 (400A, 30mA, 4P)
- Ref. LV432456

### 3.5. JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA

A continuación se enumeran las ventajas obtenidas de la compensación de la energía reactiva:

- Reducción del recibo de electricidad, ya que las compañías eléctricas penalizan el consumo de energía reactiva.
- Aumento de la potencia disponible, un factor de potencia elevado optimiza los componentes de una instalación eléctrica mejorando su rendimiento eléctrico.
- Disminución de las pérdidas, la instalación de condensadores nos permite la reducción de pérdidas por efecto Joule.
- Reducción de las caídas de tensión.
- Reducción de la sección de los conductores.

## 4. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

El objeto de la puesta a tierra de la masa de los receptores es asegurar la seguridad de las personas ante contactos indirectos. En el esquema TT la utilización del interruptor diferencial es generalizada, con lo que la máxima tensión que puede aparecer en las masas de los receptores (tensión de defecto), cuando ha habido un defecto a tierra, será el producto de la máxima intensidad de defecto sin que actúe el diferencial por la resistencia de tierra.

El REBT, en la ITC-BT 24, exige que la tensión de defecto sea inferior a la tensión límite de contacto convencional:

$$R_A \times I_a \leq V_c$$

Siendo:

- $R_A$  la suma de la resistencia de la toma de tierra y los conductores de protección.
- $I_a$  la corriente que asegura el funcionamiento de los interruptores diferenciales.
- $V_c$  es la tensión de contacto convencional límite.

En nuestro caso al tener locales húmedos dentro del concesionario aplicaremos una  $V_c$  máxima de 24 V, según indica la ITC-BT 18.

La  $I_a$  corresponde a la corriente mínima de disparo del interruptor diferencial menos sensible que es de 300 mA.

Por lo tanto con estos datos podemos calcular el valor máximo de la toma de tierra y los conductores de protección.

$$R_A \leq \frac{V_c}{I_a} = \frac{24}{0,300} = 80\Omega$$

### 4.1. RESISTENCIA DEL ELECTRODO

El electrodo de puesta a tierra estará formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> desnudo enterrado a una profundidad de 0,8 metros. El conductor se cerrará conectando cada uno de los cuadros auxiliares de la instalación como se indica en el plano correspondiente y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre, de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud. Por lo tanto el número de picas que tendremos es seis.

La resistividad del terreno que estimamos, según la ITC-BT 18, tabla 3, para los terrenos de margas y arcillas compactas es de 150Ωm.

Para los siguientes cálculos nos basaremos en la ITC-BT 18.

### Resistencia de las picas

La resistencia de las picas viene dada por:

$$R_p = \frac{\rho}{N \times L} = \frac{150}{6 \times 2} = 12.5 \Omega$$

Donde:

- $R_p$  es la resistencia de las picas, en  $\Omega$ .
- $\rho$  es la resistividad del terreno, en  $\Omega m$ .
- $N$  es el número de picas.
- $L$  es la longitud de la pica, en metros.

### Resistencia del conductor enterrado

La resistencia del conductor viene dada por:

$$R_c = \frac{2 \times \rho}{L} = \frac{2 \times 150}{190} = 1.57 \Omega$$

Donde:

- $R_c$  es la resistencia del conductor, en  $\Omega$ .
- $\rho$  es la resistividad del terreno, en  $\Omega m$ .
- $L$  es la longitud de la pica, en metros.

### Resistencia total del electrodo

La resistencia total del electrodo será:

$$R_T = R_p + R_c = 12.5 + 1.57 = 14.07 \Omega$$

Teniendo en cuenta que el valor de la toma de tierra y los conductores de protección, que hemos calculado antes era de  $80 \Omega$  como máximo, nos quedarían para los conductores de protección ( $R_{cp}$ ):

$$R_{cp} = 80 - 14.07 = 65.93 \Omega$$

Considerando el caso del conductor de protección de mayor resistencia, es decir, el de mínima sección empleada ( $1,5 \text{ mm}^2$ ) y despreciando la resistencia de los puntos de puesta a tierra y de las uniones entre los distintos elementos que compone la instalación de puesta a tierra, se obtiene que el valor de resistencia de  $65.93 \Omega$  se dará a partir de una longitud  $L$  del conductor de protección ahora calculada.





$$L = S \times \frac{R_{cp}}{\rho_{Cu}} = 1.5 \times \frac{65.93}{0.0178} = 5555m$$

Donde:

- L es la longitud del conductor de protección, en m.
- $R_{cp}$  es la resistencia del conductor, en  $\Omega$ .
- $\rho_{Cu}$  es la resistividad del cobre, en  $\Omega mm^2/m$ .
- S es la sección del conductor, en  $mm^2$ .

La longitud de 5555 m no se alcanzará en ningún conductor de protección de la instalación. Por lo tanto la resistencia de puesta a tierra estará en cualquier caso por debajo de los 80 ohmios preestablecidos, con lo que lo tomamos la instalación de tierra como buena.

## 5. CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 5.1. INTENSIDAD EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 13,2} = 17,5A$$

Siendo:

- $I_p$  la intensidad en el primario en A  
 $S$  la potencia del transformador en KVA  
 $U$  la tensión compuesta primaria en KV

### 5.2. INTENSIDAD EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3} \times U}$$

Siendo:

- $I_s$  la intensidad en el secundario en A  
 $S$  la potencia del transformador en KVA  
 $W_{Fe}$  las pérdidas en el hierro del transformador  
 $W_{Cu}$  las perdidas en el cobre  
 $U$  la tensión compuesta en carga del secundario en KV

Despreciando las pérdidas en el hierro y en los arrollamientos, se tiene que:

$$I_s = \frac{400}{\sqrt{3} \times 0,4} = 577,4A$$

### 5.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina *una potencia de cortocircuito de 500 MVA* en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora, Iberdrola.

Se calculará la intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión, y la intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión.

### 5.3.1. CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN

La intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión se obtiene mediante la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{500}{\sqrt{3} \times 13,2} = 21,87 \text{ KA}$$

Donde:

- $I_{ccp}$  es la corriente de cortocircuito en el primario en KA  
 $S_{cc}$  es la potencia de cortocircuito de la red de distribución en MVA  
 $U$  es la tensión en el primario en KV

### 5.3.2. CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN

La intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión se obtiene despreciando la impedancia de la red de distribución, mediante la siguiente expresión:

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \frac{U_{cc}}{100} \times U} = \frac{400}{\sqrt{3} \times \frac{4}{100} \times 400} = 14,43 \text{ KA}$$

Donde:

- $I_{ccs}$  es la corriente de cortocircuito en el secundario en KA  
 $S$  es la potencia del transformador en KVA  
 $U_{cc}$  es la tensión de cortocircuito del transformador en %  
 $U$  es la tensión en carga del secundario en V

## 5.4. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

### 5.4.1 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Para instalaciones de tercera categoría que alimenten a centros de transformación cuya intensidad de cortocircuito a tierra sea inferior a 16 KA, se admite la posibilidad de estimar la resistividad del terreno, pero se aconseja en todos los casos medirla.

Según la investigación previa del terreno, se determina que *la resistividad superficial media en la zona donde se instalará el centro de transformación es de 150  $\Omega m$ .*

#### 5.4.2. DETERMINACIÓN DE LA CORRIENTE MÁXIMA DE TIEMPO MÁXIMO DE ELIMINACIÓN

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro de transformación, así como de las características de la propia red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es de 500 Amperios y el tiempo de eliminación del defecto es de 0,5 segundos, según datos proporcionados por la Compañía Eléctrica suministradora (Iberdrola). Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según la instrucción MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía Eléctrica son:

$I_d = 500A$

$K = 72$

$n = 1$

#### 5.4.3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA Y LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

*La resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación estará limitada por el nivel de aislamiento de los elementos de baja tensión del centro de transformación, y será:*

$$R_t = \frac{U_{BT}}{I_d} = \frac{10000}{500} = 20\Omega$$

Donde:

$U_{BT}$  es el nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación en voltios

$I_d$  es la corriente de defecto máxima de acuerdo con las normas de Iberdrola en amperios.

A continuación se procede a la elección del tipo de configuración del electrodo, para ello se utilizan tablas de configuración tipo de electrodos de tierra con sus respectivos parámetros característicos, cuyos valores corresponden a electrodos con *picas de diámetro 14 mm y conductor desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección y la profundidad del electrodo horizontal será de 0,8 m* con una geometría de anillo.

El valor de  $K_r$  será menor que el que nos da el valor de la resistencia máxima de puesta a tierra:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{20}{150} = 0,1333 \frac{\Omega}{\Omega \cdot m}$$

El edificio prefabricado que alberga al C.T. mide 5x2.38m por lo tanto la PAT que elegiremos será ligeramente más grande 7x3.5m

En las tablas de UNESA aparecen diferentes **configuraciones de puesta a tierra** para centros de transformación, tomamos la configuración **70-35/8/42** (7x3.5m, profundidad de 0.8m, 4 picas, longitud de la pica 2m) de donde obtenemos los parámetros característicos del electrodo que son:

- De la resistencia  $K_r = 0,076 \Omega / \Omega m < 0.1333 \Omega / \Omega m$
- De la tensión de paso  $K_p = 0,0117 \text{ V} / (\Omega m)(A)$
- De la tensión de contacto exterior  $K_c = 0,0336 \text{ V} / (\Omega m)(A)$

Las medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto exteriores e interiores, serán:

- Las puertas y las rejillas metálicas que dan al exterior del C.T. no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del C.T. se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm conectado a la puesta a tierra de protección del C.T.
- El suelo estará pintado por medio de pinturas aislantes.

Calculamos los valores de resistencia de puesta a tierra ( $R_t'$ ), intensidad de defecto ( $I_d'$ ), y tensiones de paso y contacto ( $U_p'$  y  $U_{p(acc)'}'$ ) del electrodo tipo seleccionado, para una resistividad media del terreno de 150  $\Omega m$ .

La compañía suministradora nos proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro cuyos valores son:  $R_n = 0 \Omega$  y  $X_n = 25 \Omega$ .

- **Resistencia de puesta a tierra ( $R_t' \leq R_t$ )**

$$R_t' = K_r \times \rho = 0,076 \times 150 = 11,4 \Omega$$

Vemos que efectivamente la resistencia de puesta a tierra del electrodo ( $R_t'$ ) es menor que la resistencia de puesta a tierra máxima permitida ( $R_t$ ):

$$R_t' < R_t \\ 11,4 \Omega < 20 \Omega$$

- **La intensidad de defecto ( $I_d'$ )**

$$I_d' = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t')^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times \sqrt{(0 + 11,4)^2 + 25^2}} = 277,36A$$

- **Tensión de paso en el exterior ( $U_p' \leq U_p$ )**

$$U_p' = K_p \times I_d' \times \rho = 0,0117 \times 277,36 \times 150 = 487V \text{ (Max.)}$$

$$t = 0,5s < 0,9s \text{ por lo tanto } K=72, n=1$$

La tensión de paso máxima admisible en el exterior del centro de transformación es, para  $K=72$  y  $n=1$ , la siguiente:

$$U_p = \frac{10K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6\rho}{1000}\right) = \frac{10 \times 72}{0,5^1} \times \left(1 + \frac{6 \times 150}{1000}\right) = 2736V \text{ (Admisible)}$$

Vemos que efectivamente la tensión de paso con el electrodo seleccionado es inferior a la máxima admisible.

$$U_p' < U_p \\ 487V < 2736V$$

- **Tensión de paso en el acceso al centro de transformación ( $U_{p(acc)}' \leq U_{p(acc)}$ )**

$$U_{p(acc)}' = U_c' = K_c \times I_d' \times \rho = 0,00336 \times 277,36 \times 150 = 1398V \text{ (Max.)}$$

La tensión de paso máxima admisible en el acceso al centro de transformación, para  $K=72$  y  $n=1$  es de:

$$U_{p(acc)} = \frac{10K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3\rho + 3\rho'}{1000}\right) = \frac{10 \times 72}{0,5^1} \times \left(1 + \frac{3 \times 150 + 3 \times 3000}{1000}\right) = 15048V \text{ (Admisible)}$$

Donde  $\rho'$  es la resistividad del hormigón que es de  $3000 \Omega \cdot m$ .

Por tanto vemos que el electrodo está bien diseñado:

$$U_{p(acc)}' \leq U_{p(acc)} \\ 1398V \leq 15048V$$

- **Tensión de defecto ( $U_d' \leq U_{BT}$ )**

$$U_d' = R_t' \times I_d' = 11,4 \times 277,36 = 3162V$$

En esta ocasión también se cumplen las exigencias:

$$U_d' \leq U_{BT}$$
$$3162 < 10000V$$

Así se comprueba que los valores calculados satisfacen las condiciones exigidas.

No será necesario calcular las tensiones de paso y contacto en el interior, ya que estas serán prácticamente cero. Esto es así por las medidas de seguridad adoptadas reflejadas anteriormente (puerta y rejillas metálicas de acceso sin poner a tierra, mallazo cubierto de hormigón en el suelo del C.T. y pintura aislante en el suelo del C.T.).

Se han adoptado las medidas de seguridad expuestas, por lo que no será necesario calcular la tensión de contacto exterior, ya que esta será prácticamente cero.

*La puesta a tierra de protección y la de servicio serán separadas e independientes.*

#### **5.4.4. SEPARACIÓN ENTRE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN Y SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE SERVICIO**

Si la tensión de defecto fuera de 1000V cabría la posibilidad de instalar un sistema de puesta a tierra único, pero como no es el caso se deberá disponer de un sistema de **puesta a tierra del neutro del transformador (tierra de servicio)** separado e independiente de otro sistema de **puesta a tierra de las masas (tierra de protección)**. La tensión de defecto es  $3162V > 1000V$

Debe evitarse que la tensión de defecto en el electrodo de puesta a tierra de protección transmita al de puesta a tierra de servicio una tensión superior a 100V.

La distancia mínima de separación será:

$$D \geq \frac{I_d' \times \rho}{2 \times \pi \times U} = \frac{277,36 \times 150}{2 \times \pi \times 1200} = 5,52m$$

Donde:

- D es la distancia entre electrodos, en metros
- $\rho$  es la resistividad media del terreno en  $\Omega \cdot m$
- $I_d$  es la intensidad de defecto a tierra en amperios
- U 1200V para sistemas de distribución TT

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del transformador se realizará con cable aislado de 0,6/1 KV, protegido con tubo PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

La **configuración de la puesta a tierra de servicio** según las tablas UNESA es de **5/62** que corresponde a una hilera de 6 picas de longitud 2 m enterrado a una profundidad de 0,5m, unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm de diámetro que se unirá al neutro del transformador por medio de cable aislado con las características nombradas anteriormente. La puesta a tierra del neutro del transformador estará a 6 m del C.T. y será paralela a este.

#### 5.4.5. SEPARACIÓN ENTRE PUESTAS A TIERRAS

Debemos calcular también la separación entre la puesta a tierra del centro de transformación y la puesta a tierra general de la concesionario. Sabemos que la resistencia de puesta a tierra total de los talleres y oficinas asciende a 14.07, por lo tanto calcularemos la corriente de defecto ( $I_d$ ) y con esta la distancia mínima de separación entre tierras:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times \sqrt{(0 + 14.07)^2 + 25^2}} = 265.66A$$

$$D \geq \frac{I_d \times \rho}{2 \times \pi \times U} = \frac{265.66 \times 150}{2 \times \pi \times 1200} = 5.28m$$

#### 5.4.6 CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL

No se considera necesario la corrección del sistema inicial. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o tensiones de contacto excesivamente elevadas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro de transformación, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.



## 5.5. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN

El caudal de aire en función de las pérdidas de potencia del transformador y de la diferencia de temperaturas de entrada y salida de aire (15°C como máximo según proyecto tipo UNESA). Considerando que 1 m<sup>3</sup> de aire por segundo absorbe 1,16 KW por cada grado centígrado, el caudal de aire necesario será:

$$Q = \frac{P_p}{1,16 \times \Delta \vartheta_{aire}} = \frac{0,93 + 4,6}{1,16 \times 15} = 0,318 m^3 / s$$

Siendo:

$Q$	el caudal de aire en m <sup>3</sup> /s
$P_p$	la pérdida de potencia del transformador a plena carga, pérdidas en el hierro más pérdidas en el cobre en KW
$\Delta \vartheta_{aire}$	incremento de la temperatura del aire en °C

La superficie de la rejilla de entrada de aire es función del caudal en m<sup>3</sup>/s y de la velocidad de salida del aire en m/s:

$$S_{rejilla} = \frac{Q}{V_s}$$

La superficie total de la rejilla será superior a la superficie neta debido a que las láminas de la rejilla, para no permitir el paso de agua, pequeños animales o de objetos metálicos según MIE RAT 13, disminuyen el paso del aire, por lo que la superficie total mínima de la rejilla se aumentará como mínimo un 40%.

La velocidad de salida ( $V_s$ ) del aire es función de la distancia vertical en metros entre los centros de las dos rejillas, y del incremento de la temperatura en el aire en °C.

$$V_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta \vartheta_{aire}} = 4,6 \times \frac{\sqrt{2}}{15} = 0,434 m / s$$

H: distancia entre el centro de la rejilla superior e inferior

Por tanto, la superficie mínima de rejilla para entrada de aire será:

$$S_{rejilla} = 1,4 \times \frac{Q}{V_s} = 1,4 \times \frac{0,318}{0,434} = 1,026 m^2$$

La superficie de rejilla para la salida del aire caliente debe ser mayor que la superficie de la rejilla para la entrada de aire, admitiéndose la relación:

$$S_{\text{entrada}} = 0,92 \times S_{\text{salida}}$$

Por tanto la superficie mínima de la rejilla de salida es:

$$S_{\text{salida}} = 1,115 \text{ m}^2$$

El edificio dispondrá de una **rejilla de ventilación para la entrada** de aire situada en la **parte lateral izquierda inferior a 0,5 metros del suelo, de dimensiones 1100×1000 mm y superficie total 1,1 m<sup>2</sup>**, que es ligeramente superior a la necesaria. Para la salida de aire se dispone de una **rejilla de ventilación para la salida de aire en la parte superior lateral (opuesta a la rejilla de entrada), 2 metros por encima de la anterior de dimensiones 1300×1000 mm, con una superficie de 1,3 m<sup>2</sup>**. Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia medida verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 metros, tal como ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior y se colocarán de manera que queden opuestas la una a la otra facilitando así el flujo de aire.

## 6. CÁLCULOS LUMINOTECNICOS

Para hallar el alumbrado interior, exterior y de emergencia se ha utilizado el programa informático Dialux, este nos calcula el número de luminarias que se deben de poner, así como su distribución y consumo.

A continuación se expone el procedimiento de cálculo.

Debemos introducir en el programa los siguientes datos:

1. Dimensiones de la zona a iluminar (altura, anchura y profundidad).
2. Grado de reflexión en techo, paredes y suelo, este depende del color en que estén pintados estos.
3. Tipo del local, limpio, muy limpio, sucio, muy sucio, etc.
4. Plano útil, altura de plano de trabajo.
5. Tipo de lámpara a colocar, incandescente, fluorescente, de descarga, etc.
6. Montaje de la luminaria; empotrada, suspendida, etc.
7. Nivel de luxes recomendados.

En la siguiente tabla se exponen el nivel de luxes recomendado para el tipo de local en cuestión.

Tipo de interior, tarea o actividad	Em (lux)
Sala de Reuniones	500
Sala de Espera/Hall	500
Cambiadores	200
Pasillo Aseos	200
WC1	300
WC2	300
Recepción, Admisión, Administración	500
Oficina 1	500
Oficina 2	500
Oficina 3	500
Archivo	300
Taller de Chapa-Pintura	500
Taller de Mecánica-Electricidad	600
Alumbrado exterior	100

Con estos datos el programa realiza los cálculos y propone una solución, en la cual expone el número de luxes medios, máximos y mínimos que hay en toda la superficie de la zona a estudio a la altura del plano útil, el número de luminarias a colocar, el lugar de colocación de esta en el plano. El programa permite hacer ajustes sobre estas cuestiones.

Hemos tenido en cuenta también que el Índice de Deslumbramiento Unificado (UGR) máximo que nos daba al calcular los locales, para que no superasen los valores máximos establecidos, en el alumbrado interior.

Tipo de interior, tarea o actividad	UGR <sub>L</sub>
Sala de Reuniones	20
Sala de Espera/Hall	21
Cambiadores	25
Pasillo Aseos	25
WC1	23
WC2	23
Recepción, Admisión, Administración	20
Oficina 1	20
Oficina 2	20
Oficina 3	20
Archivo	20
Taller de Chapa-Pintura	24
Taller de Mecánica-Electricidad	24
Alumbrado exterior	\

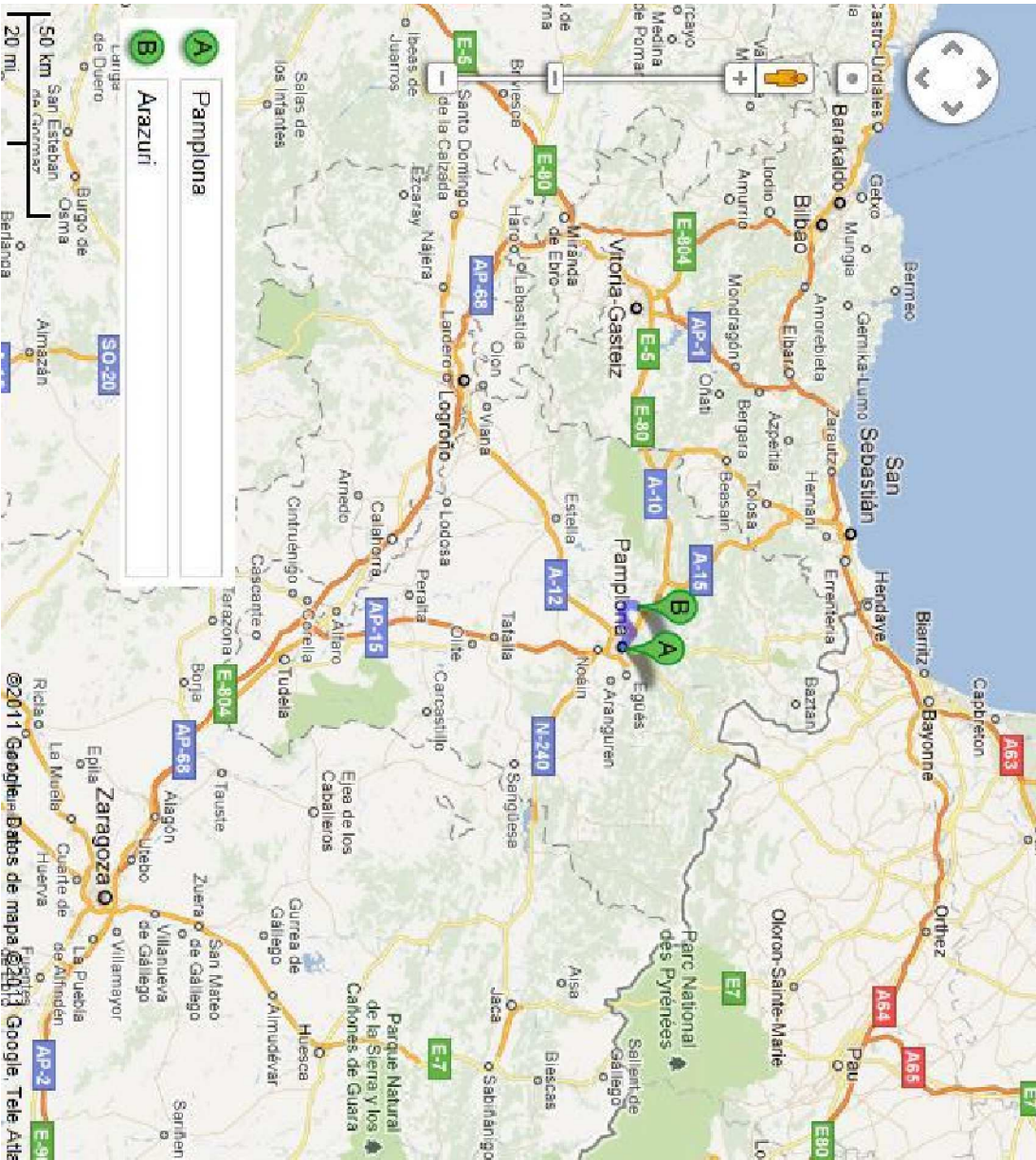
En las siguientes hojas se muestran los datos obtenidos con el programa Dialux:



## ÍNDICE:

1. Situación
2. Distribución
3. Cuadros eléctricos
4. Oficinas distribución
5. Oficinas iluminación
6. Oficinas fuerza
7. Taller distribución
8. Taller iluminación
9. Taller iluminación cotas
10. Taller fuerza
11. Taller fuerza II
12. Exposición iluminación
13. Puesta a tierra
14. Centro de transformación
15. Cuadro General de Distribución
16. Cuadro auxiliar O
17. Cuadro auxiliar TCP
18. Cuadro auxiliar TME
19. Cuadro auxiliar IE, CT





Registro de la Riqueza Territorial - Catastro de Navarra

### Consulta de referencia catastral

Municipio: OLZA (193)  
Poligono: 2  
Parcela: 739  
Población: ARAZURI

-- Opciones para la Parcela --

Subárea: 1  
Calle: CL.D  
Portal: 4

----- Opciones para la Subárea -----

### Unidades urbanas


Escal.	Planta	Puerta	Destino	Superf.(m²)	UNIDAD	PETICIÓN
			SUELO	13.132,00	1	----- Opciones -----



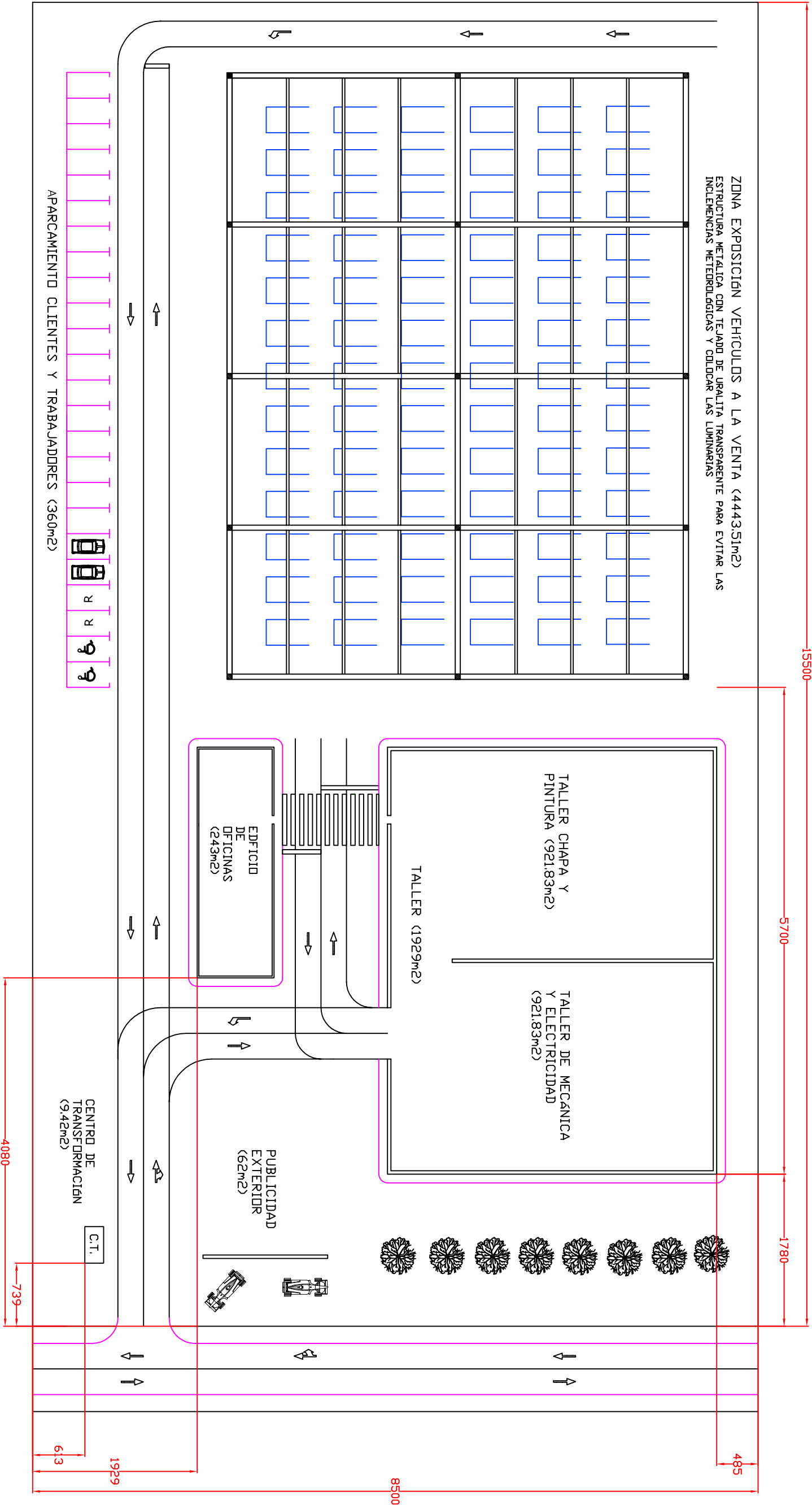
IMAGEN 1: SITUACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ARAZURI EN NAVARRA Y CON RESPECTO A SU CAPITAL(PAMPLONA)

IMAGEN 2: IMAGEN CATASTRAL DE SITUACIÓN DE LA PARCELA 739, CALLES CON LAS QUE LINDA EN EL POLÍGONO 2 DEL MUNICIPIO DE OLZA, POBLACIÓN DE ARAZURI


IMAGEN 3: REFERENCIA CATASTRAL DE LA PARCELA EN CUESTIÓN

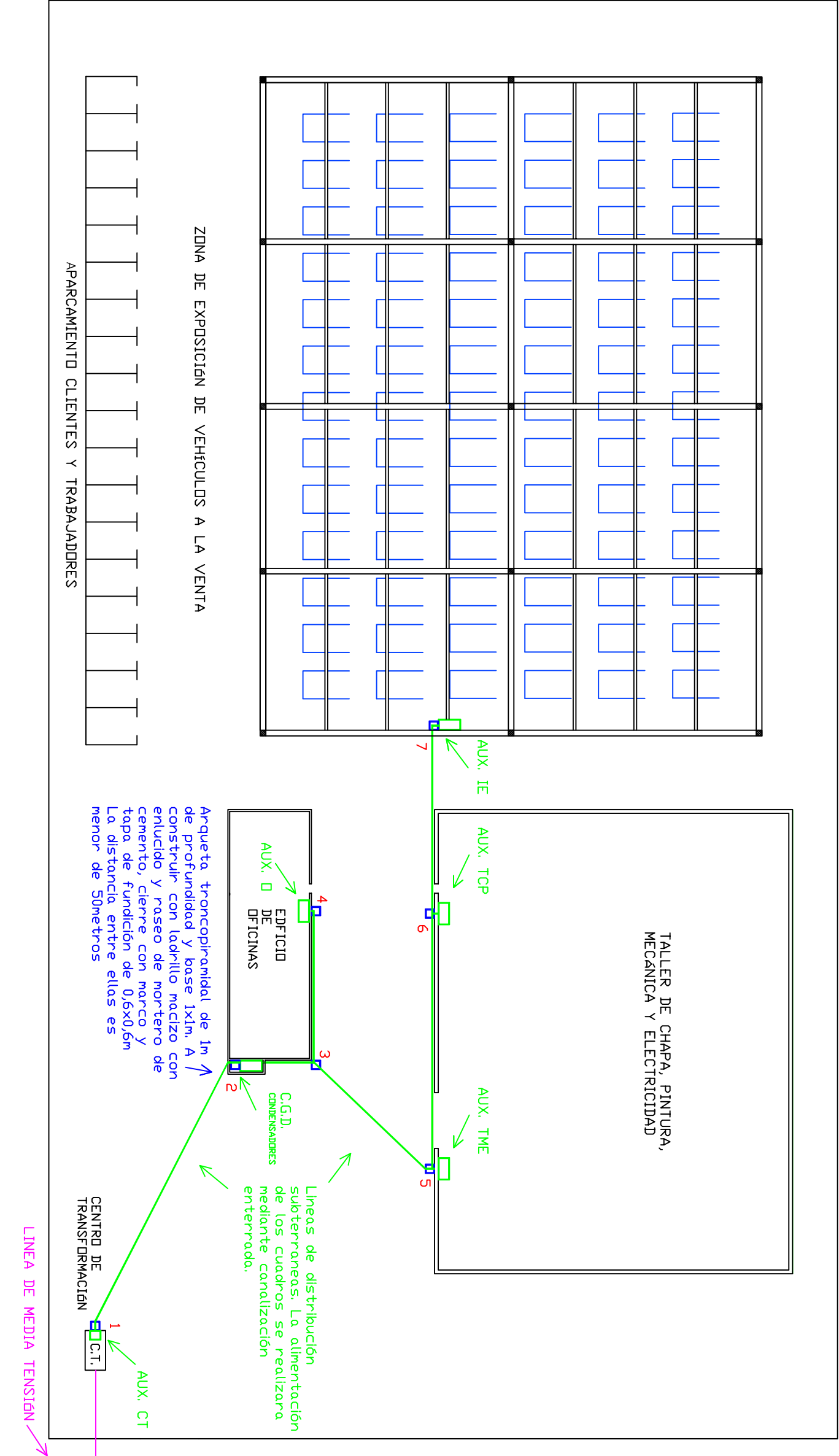
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:		REALIZADO:		PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES		FIRMA:			
PLAND:		FECHA:		ESCALA:	
SITUACIÓN		16/11/11		S/E	
				Nº PLANO:	
				1	





NOTA: LAS COTAS INDICADAS ESTAN EN CM

<div><div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div><div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</div></div></div>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMPRAVENTA DE AUTOMÓVILES		REALIZADO: PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR	
PLANO: DISTRIBUCIÓN		FIRMA: FECHA: 16/11/11	
		ESCALA: 1/500	
		Nº PLANO: 2	



UN TUBO PROTECTOR:

- TRAMO 3-4
- TUBO CGD-AUX.D D=63mm
- TRAMO 6-7
- TUBO CGD-AUX.IE D=63mm

DOS TUBOS PROTECTORES:

- TRAMO 1-2
- TUBO CT-CGD D=250mm
- TUBO CGD-CT D=50mm
- TRAMO 5-6
- TUBO CGD-AUX.TCP D=90mm
- TUBO CGD-AUX.IE D=63mm

TRES TUBOS PROTECTORES:

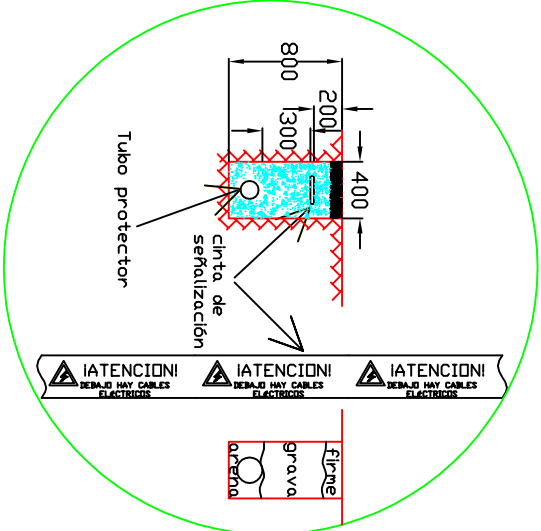
- TRAMO 3-5
- TUBO CGD-IE D=63mm
- TUBO CGD-AUX.TCP D=90mm
- TUBO CGD-AUX.TME D=90mm

CUATRO TUBOS PROTECTORES:

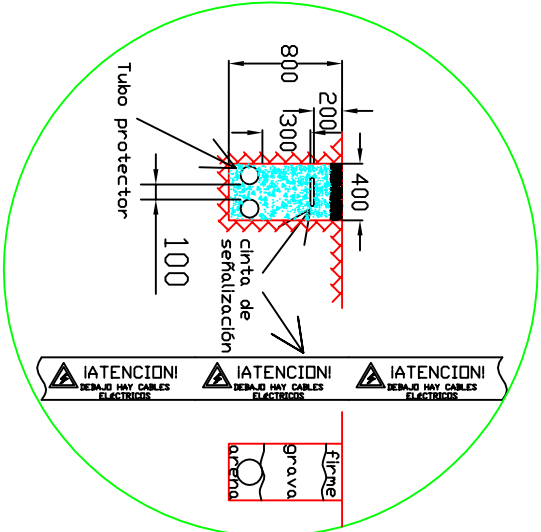
- TRAMO 2-3
- TUBO CGD-AUX.IE D=63mm
- TUBO CGD-AUX.TCP D=90mm
- TUBO CGD-AUX.TME D=90mm
- TUBO CGD-AUX.D D=63mm

Los armarios se colocaran a 1,2 metros sobre el nivel del suelo y a 0,5 m de la puerta adyacente o del borde en su caso.

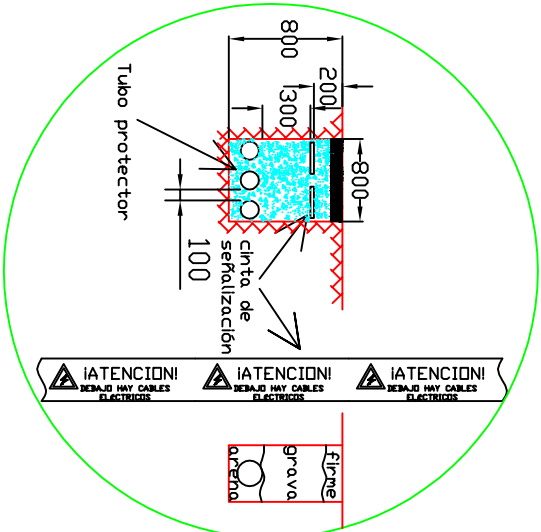
DETALLE ZANUAS:  
UN TUBO PROTECTOR



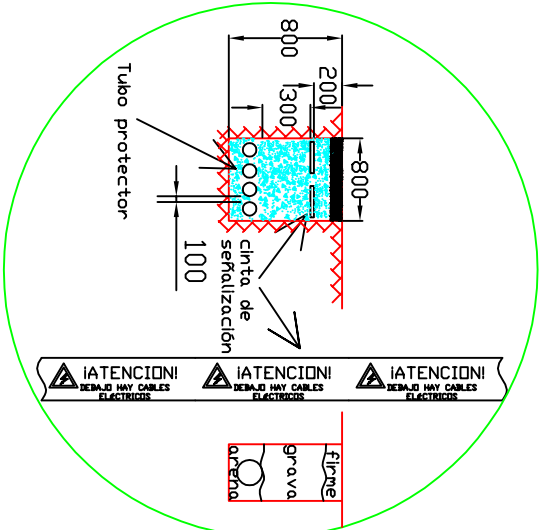
DETALLE ZANUAS:  
DOS TUBOS PROTECTORES





DETALLE ZANUAS:  
TRES TUBOS PROTECTORES



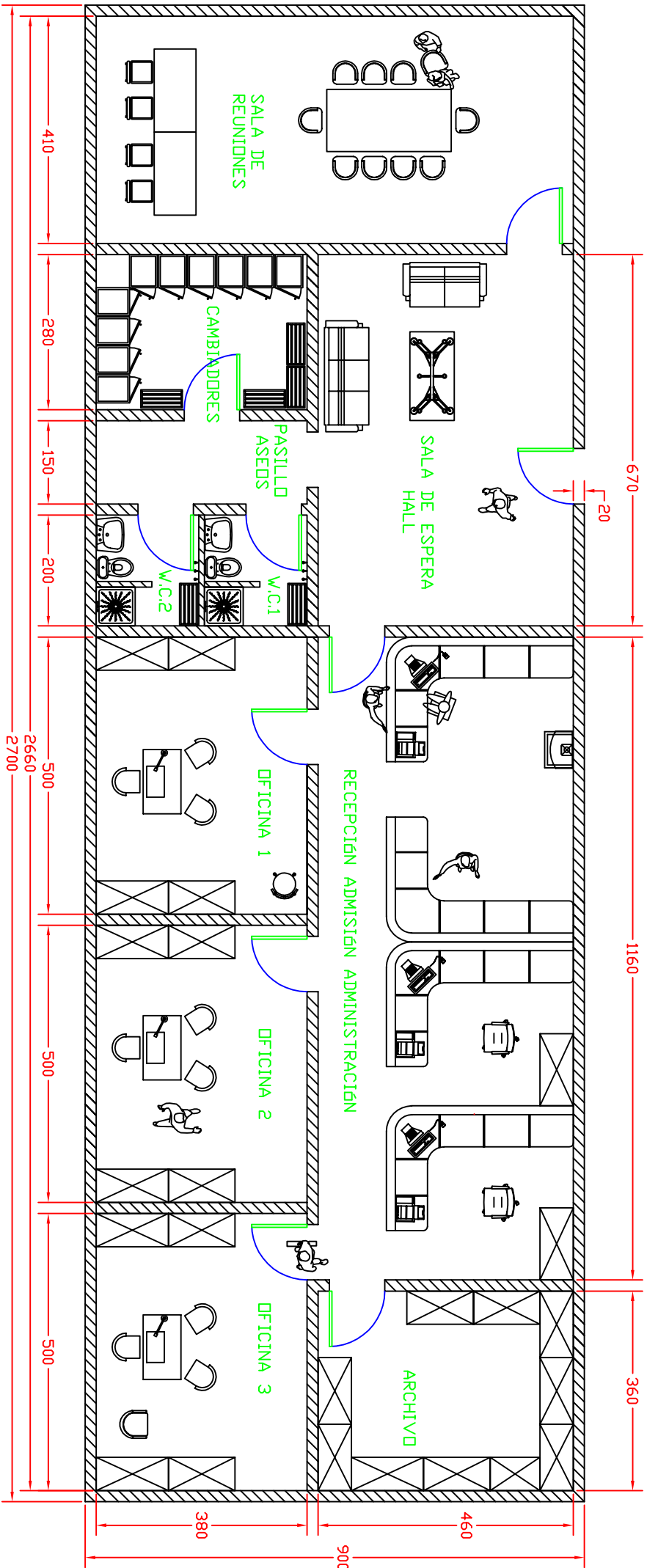
DETALLE ZANUAS:  
CUATRO TUBOS PROTECTORES




NOTA: DIBUJO COTAS EN MM

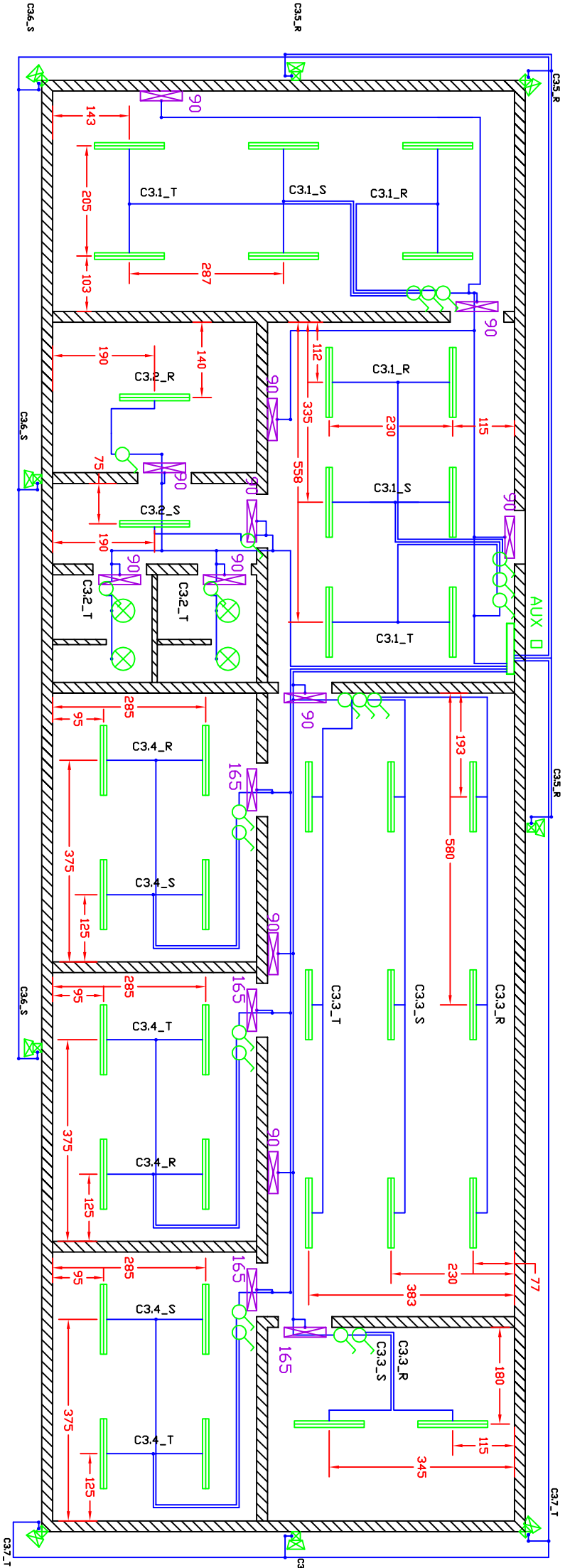
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES</b>		REALIZADO: <b>PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR</b>	
PLANO: <b>DISPOSICIÓN DE LOS CUADROS ELÉCTRICOS</b>		FIRMA: 	
		FECHA: 16/11/11	ESCALA: 1/500
		Nº PLANO: <b>3</b>	



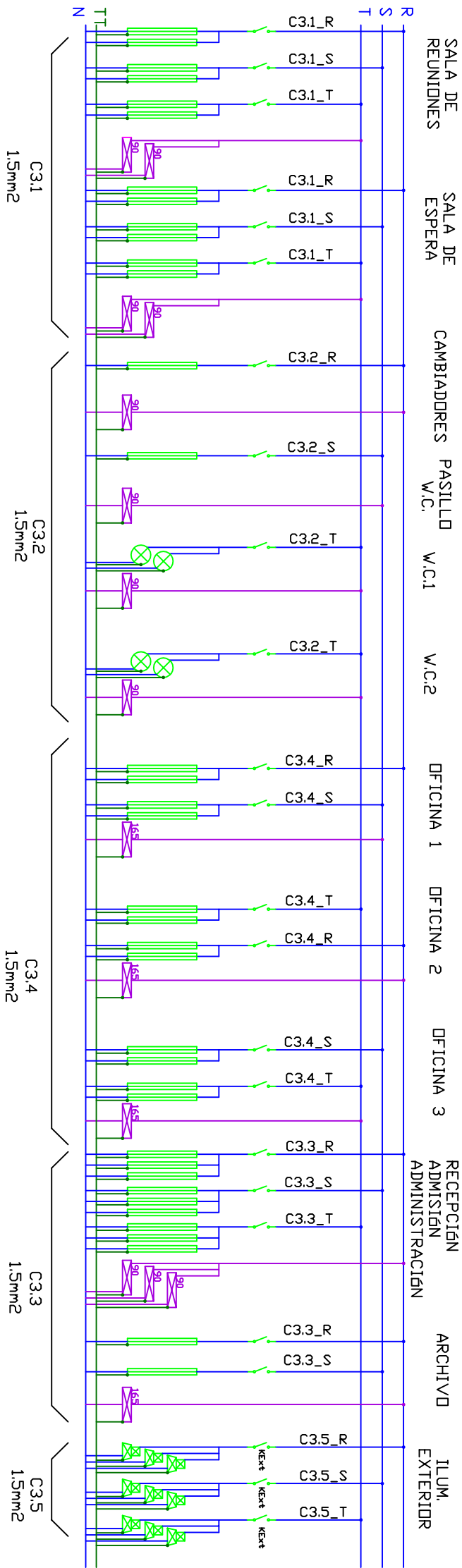


NOTA: LAS COTAS INDICADAS ESTAN EN CM

<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES</b>				REALIZADO: <b>PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR</b>	
PLANO: <b>OFICINAS DISTRIBUCIÓN</b>				FIRMA:	
FECHA: <b>16/11/11</b>		ESCALA: <b>1/100</b>		Nº PLANO: <b>4</b>	



## DISTRIBUCIÓN EQUILIBRADA POR FASES DE LA ILUMINACIÓN



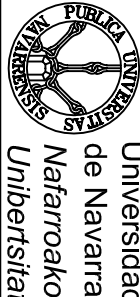
- LEYENDA:
- Philips TMX 204 2xTL-D36W HFP+GMX 430 R
  - Philips Pacific FCW 196 2xPL-L18W P
  - Philips MYP506 1xCDM-T250W DR
  - Lampara emergencia+señalización, Legrand B65 90 lúmenes, 6W.
  - Lampara emergencia+señalización, Legrand B65 165 lúmenes, 6W.
  - Interruptor
  - Interruptor
  - Contacto del contactor

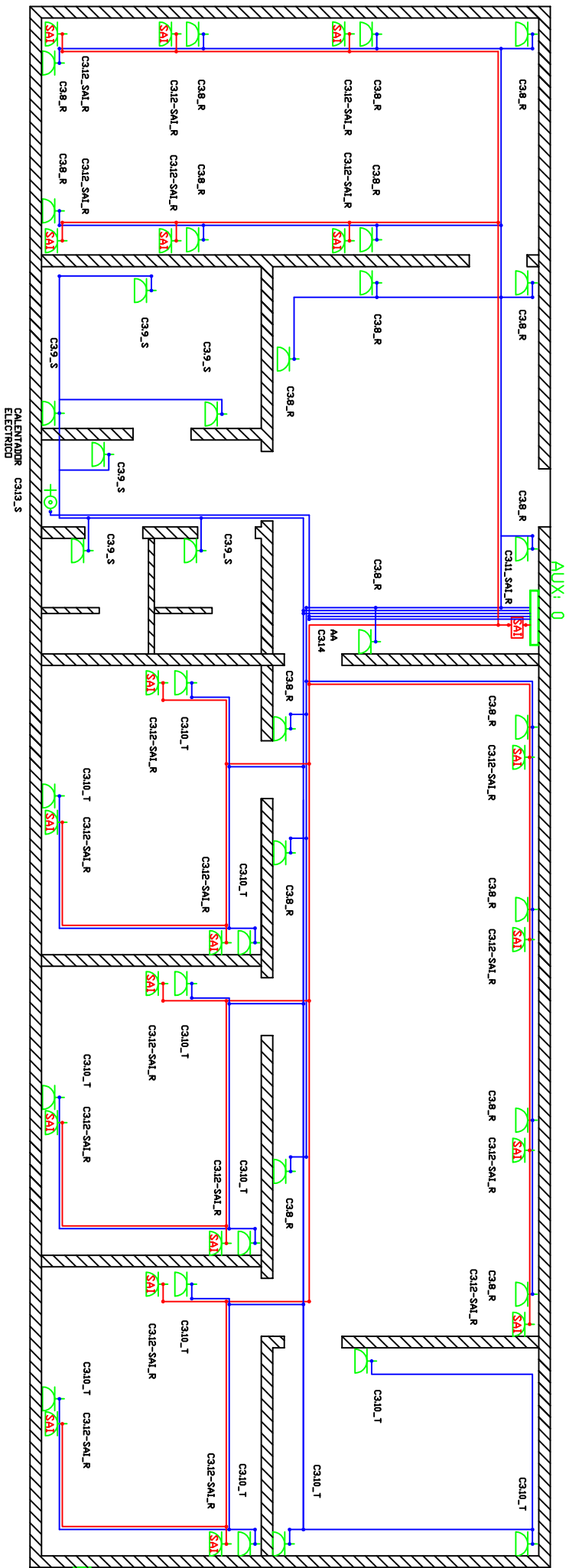
NOTA: COTAS EN CM

C3.4 R CIRCUITO ILUMINACIÓN INTERIOR OFICINA 1 FASE R

INSTALACION DE ILUMINACION FORMADA POR CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE TUBO FLEXIBLE CORUGADO DE POLIAMIDA LIBRE DE HALÓGENOS EMPOTRADO EN OBRA EN PAREDES Y TECHOS

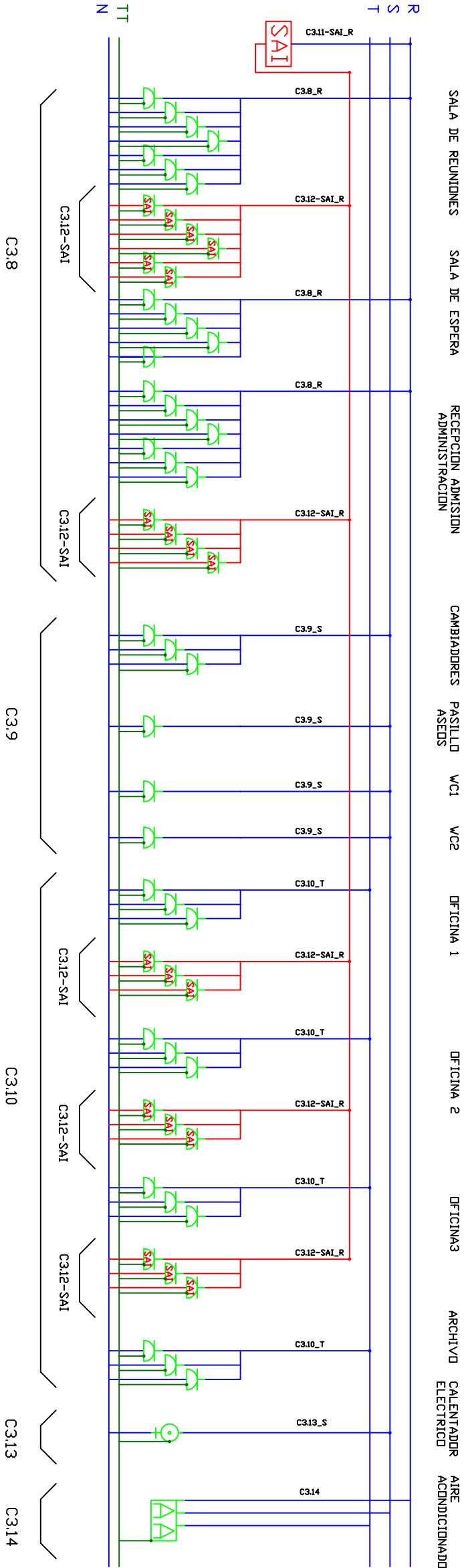
INTERRUPTORES COLOCADOS A 120cm DEL NIVEL DEL PISO Y 30cm DESDE ESTE A LA PUERTA MÁS CERCANA

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE		
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:			
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMPRAVENTA DE AUTOMÓVILES		PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR			
PLANO:		FIRMA:		FIRMA:	
OFICINAS ILUMINACIÓN		FECHA:		ESCALA:	
		16/11/11		1/100	
				Nº PLANO:	
				5	



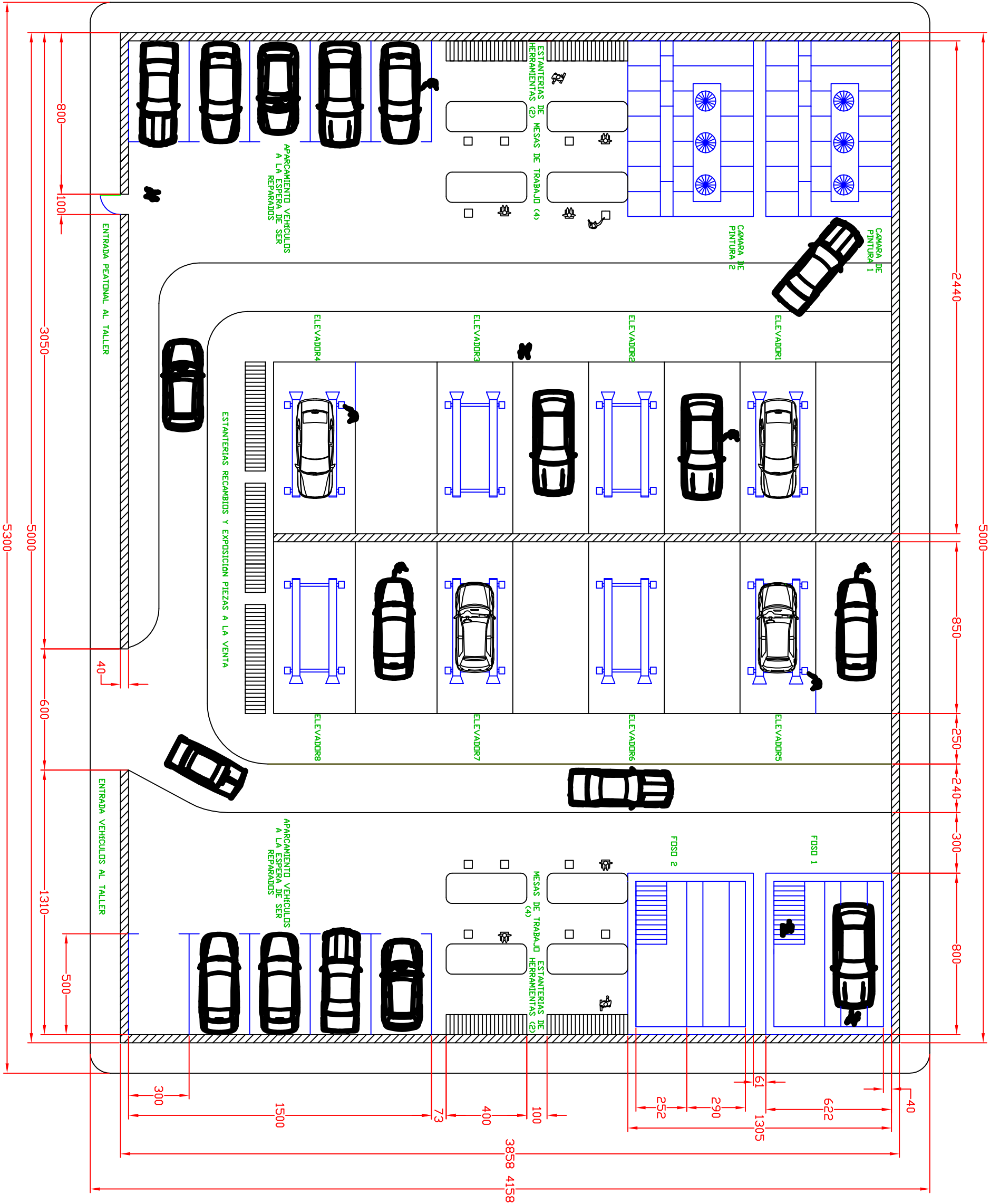
- LEYENDA:
- Base enchufe 230V/16A
  - Base enchufe 230V/16A alimentada desde S.A.I.
  - S.A.I. Sistema de alimentacion Interrumpida. 8000w
  - Termo electrico.

LAS TOMAS DE CORRIENTE IRAN COLDCADAS A 50cm SOBRE EL NIVEL DEL PISO

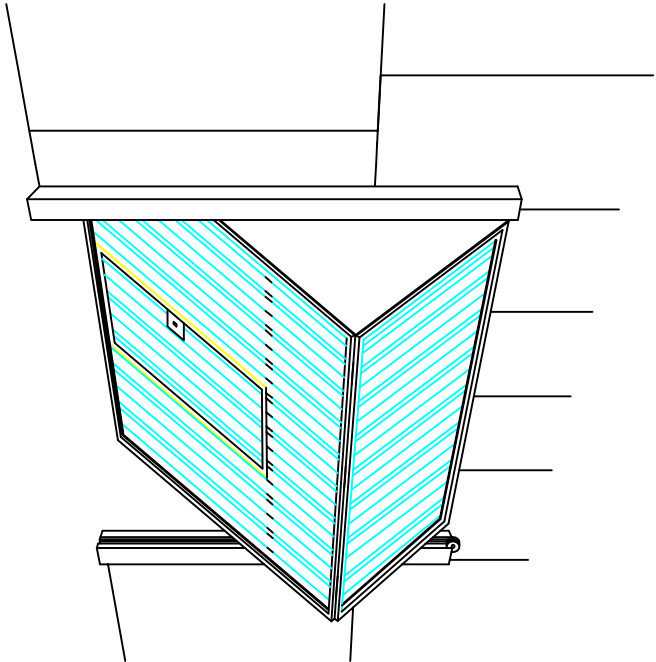


<div><div><div><div><div><div><span></span></div></div></div><div>Universidad Publica de Navarra</div><div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div></div></div>	<div><div><div><div><div><span></span></div></div></div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO</div></div></div>	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	TÉCNICO INDUSTRIAL E.	

PROYECTO:			REALIZADO:		
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES			PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR		
PLANO:			FIRMA:		
OFICINAS FUERZA			FECHA:		
			16/11/11		
			ESCALA:		
			1/100		
			Nº PLANO:		
			6		



DETALLE DE LA PUERTA DE  
ENTRADA DE VEHICULOS AL TALLER



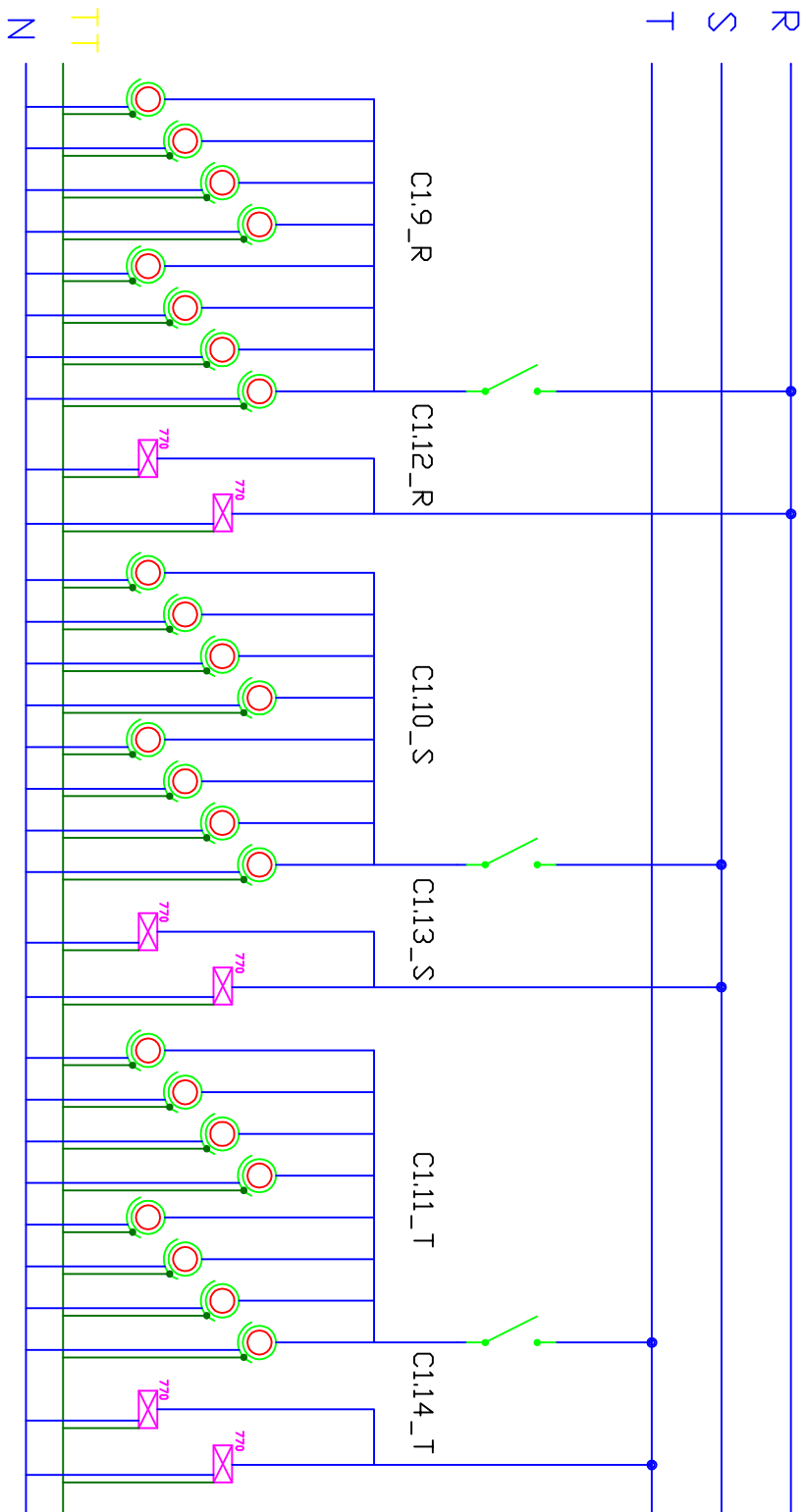
PUERTA BASCULANTE  
1 UNIDAD  
MATERIAL: METALICA  
TIPO: BASCULANTE  
SITUACION: ACCESO  
AL TALLER  
MEDIDAS: 600x500 CM

NOTA: LAS COTAS INDICADAS ESTÁN EN CM

TALLER CHAPA Y PINTURA (921.83m<sup>2</sup>)      TALLER (192.9m<sup>2</sup>)      TALLER DE MECÁNICA Y ELECTRICIDAD (921.83m<sup>2</sup>)

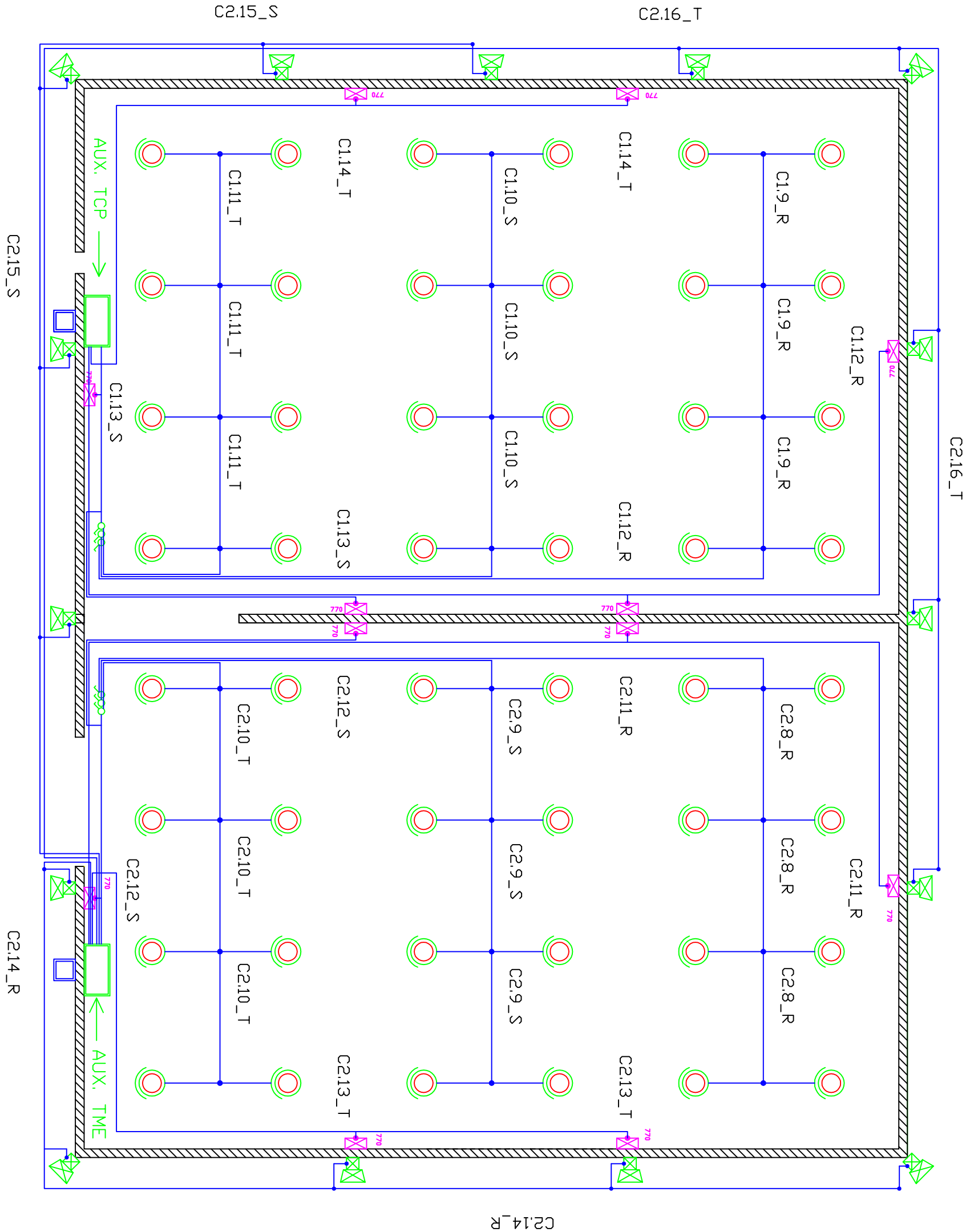
<div><div><div>UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA</div><div>de Navarra</div><div>Unibertsitate Publikoa</div></div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES		REALIZADO: PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR		FECHA: 16/11/11	
PLANO: TALLER DISTRIBUCIÓN		FIRMA:		ESCALA: 1/200	
				Nº PLANO: 7	

DISTRIBUCIÓN EQUILIBRADA POR FASES DE LA ILUMINACIÓN DEL TALLER DE CHAPA Y PINTURA

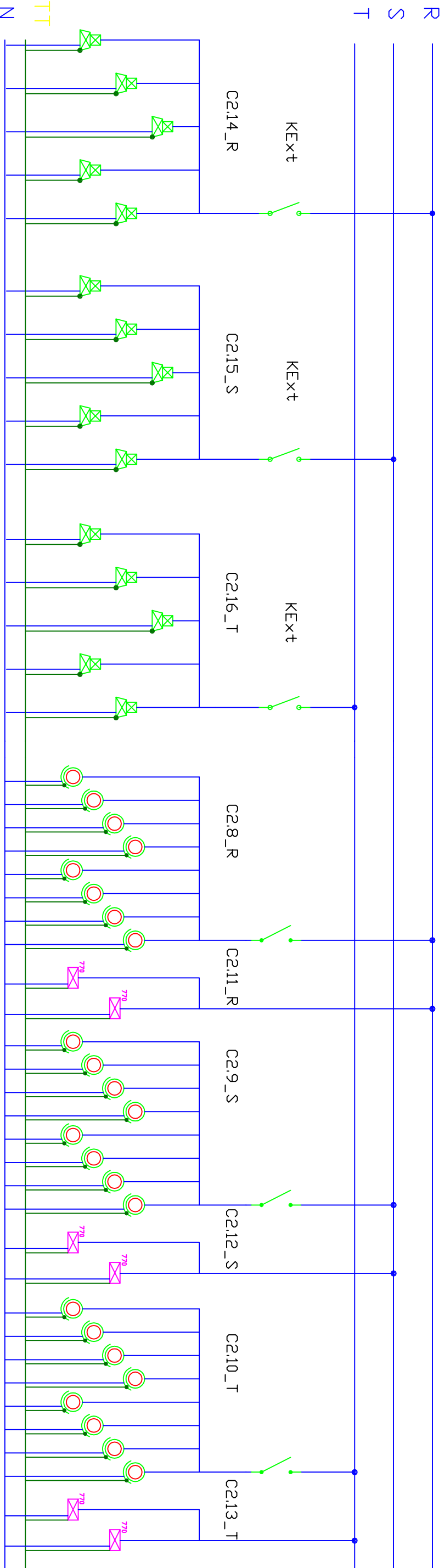


LEYENDA:

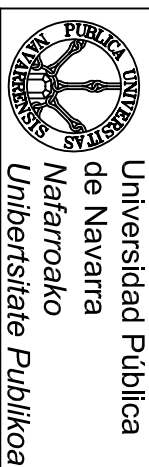
- Philips MVP506 1xCDM-T250W DR
- CONTACTO DE CONTACTOR
- Philips HPK380 1xHPi-P400W-BU P-MB+GPK380 AR D546
- Interruptor
- Interruptor
- Interruptor
- Lámpara señalización. Legrand NFL 770 lúmenes. 13W.



DISTRIBUCIÓN EQUILIBRADA POR FASES DE LA ILUMINACIÓN DEL TALLER DE MECÁNICA Y ELECTRICIDAD



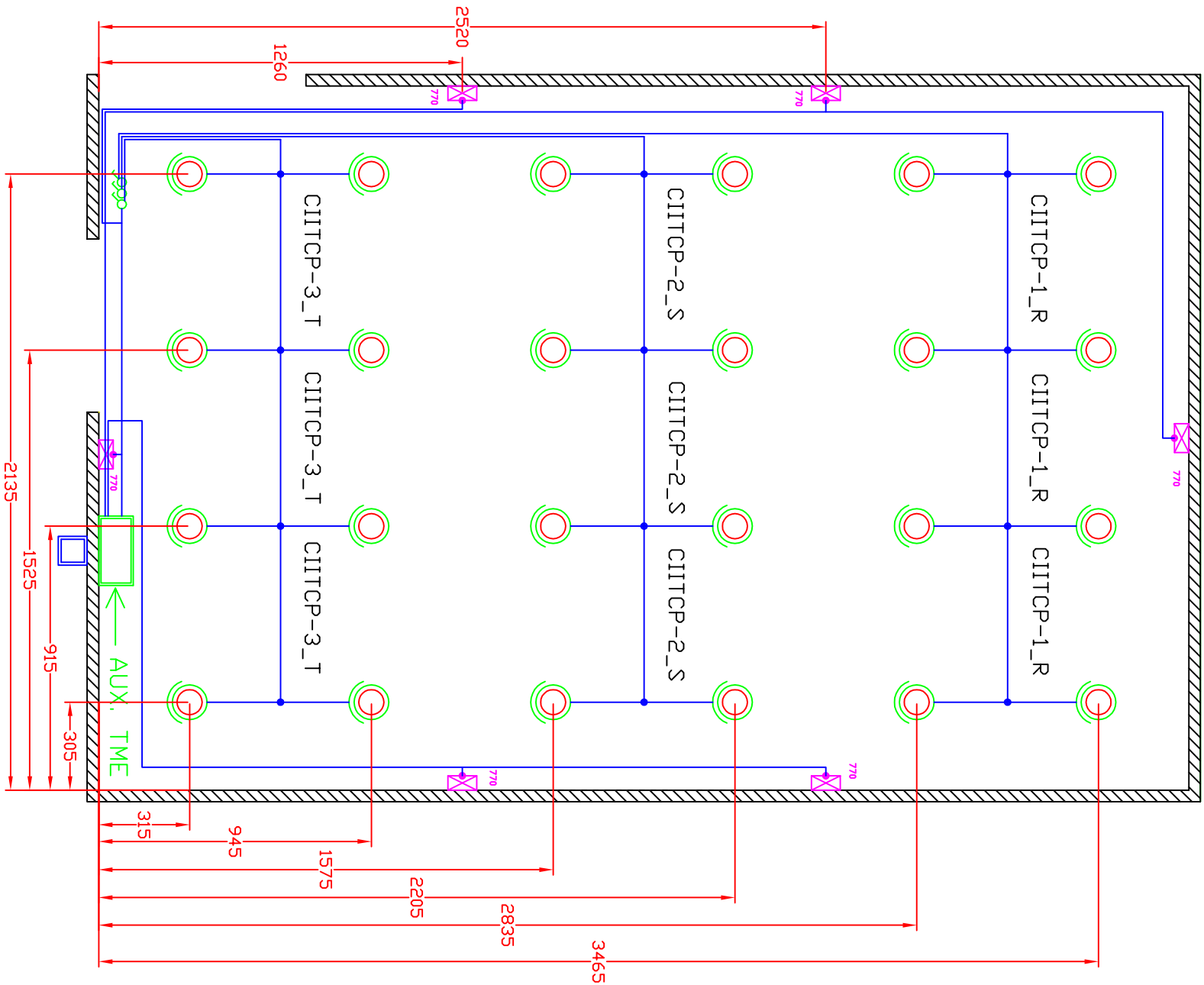
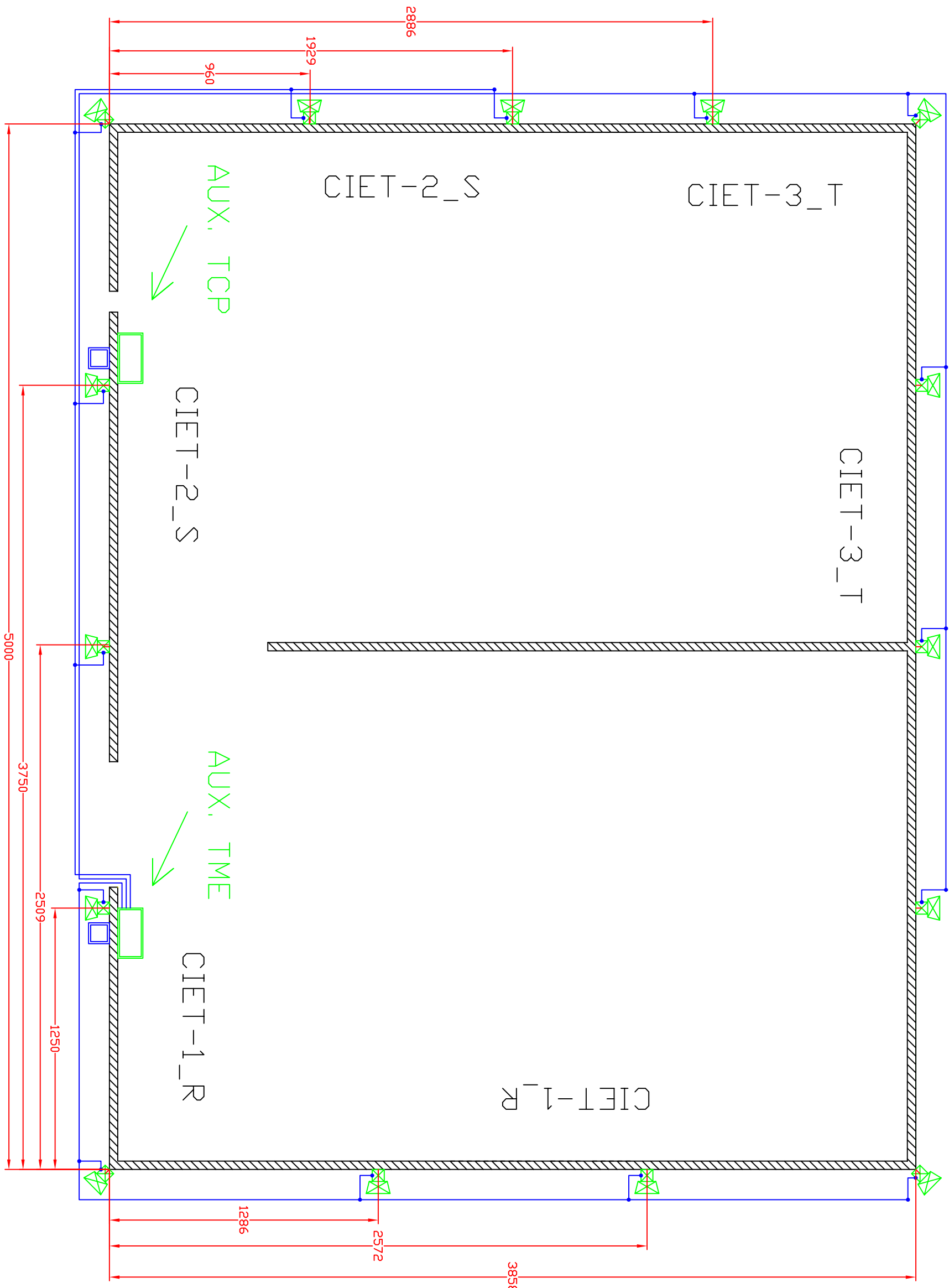
- C1.9\_R CIRCUITO ILUMINACIÓN INTERIOR TALLER CHAPA PINTURA, CIRCUITO 9, FASE R
- C2.8\_R CIRCUITO ILUMINACIÓN INTERIOR TALLER MECÁNICA Y ELECTRICIDAD, CIRCUITO 8, FASE R
- C2.14\_R CIRCUITO ILUMINACIÓN EXTERIOR TALLER CIRCUITO 14, FASE R
- INSTALACION DE ILUMINACION FORMADA POR CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE TUBO FLEXIBLE CORRUGADO DE POLIAMIDA LIBRE DE HALÓGENOS EMPOTRADO EN OBRA EN PAREDES Y TECHOS
- INTERRUPTORES COLOCADOS A 1,20m DEL NIVEL DEL PISO Y 30cm DEL INTERRUPTOR A LA PUERTA MAS CERCANA

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	<b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</b>		


PROYECTO:	REALIZADO:
Universidad Pública de Navarra	PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR
Unibertsitate Publikoa	FIRMA:
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES	

PLANO:	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
TALLER ILUMINACIÓN	16/11/11	1/200	8





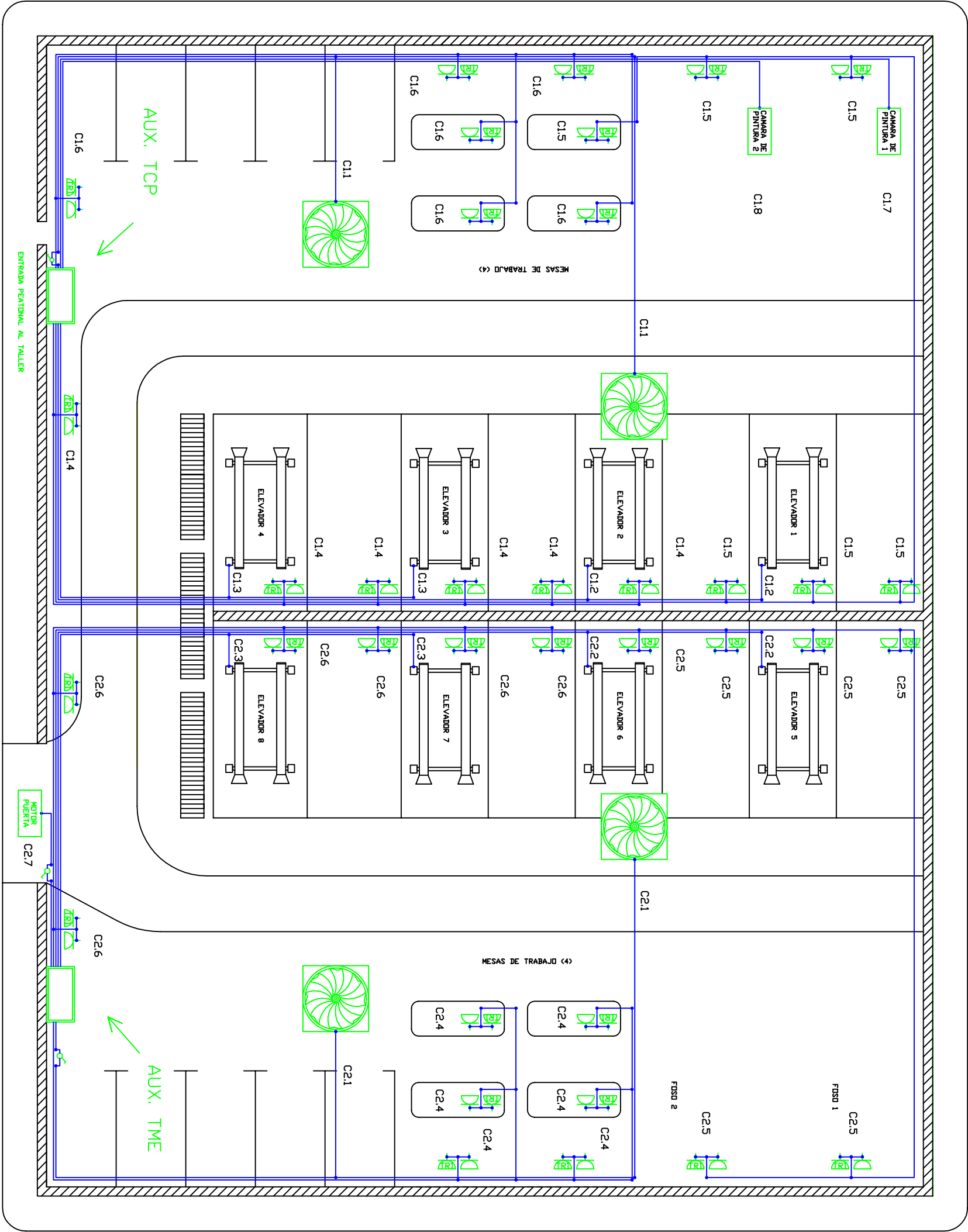
LA DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS EN EL TALLER DE CHAPA Y PINTURA GUARDARA SIMETRÍA CON EL EL DE TALLER DE MECÁNICA Y ELECTRICIDAD

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	<b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</b>		

PROYECTO:	REALIZADO:		
	PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR		

PLANO:	FIRMA:		
	TALLER ILUMINACIÓN COTAS		

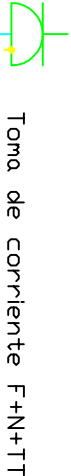
FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
16/11/11	1/200	9




LEYENDA:

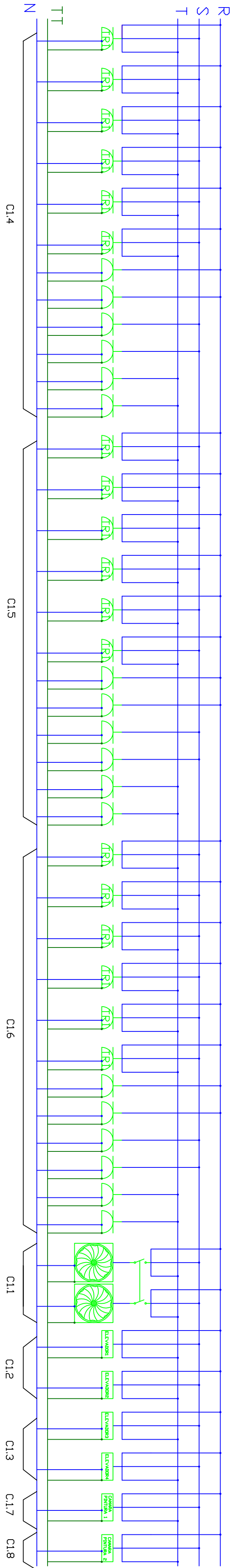
INSTALACION DE FUERZA FORMADA POR CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE TUBO FLEXIBLE CORRUGADO DE POLIAMIDA LIBRE DE HALÓGENOS EMPOTRADO EN OBRA EN TECHOS Y PAREDES

LAS TOMAS DE CORRIENTE IRAN COLLOCADAS A 50cm SOBRE EL NIVEL DEL PISO EXCEPTO LAS DE LAS MESAS DE TRABAJO

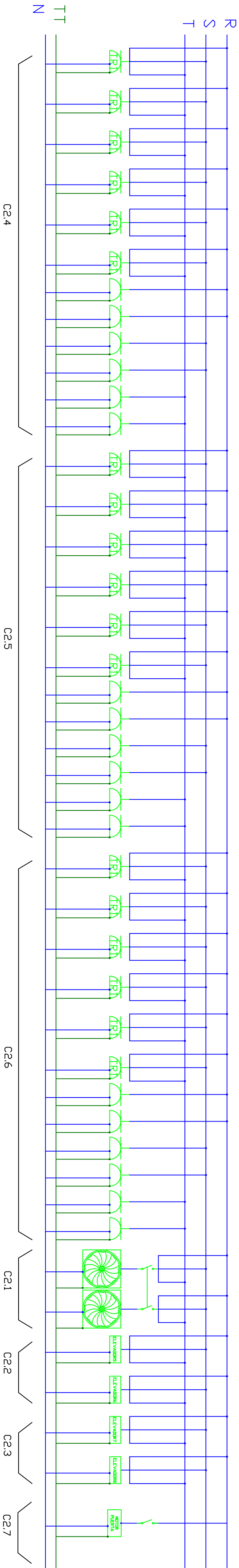


<div><div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES		REALIZADO: PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR		FIRMA:	
PLANO: TALLER FUERZA		FECHA: 16/11/11		ESCALA: 1/200	
				Nº PLANO: 10	

DISTRIBUCIÓN EQUILIBRADA POR FASES DE FUERZA TALLER CHAPA Y PINTURA



DISTRIBUCIÓN EQUILIBRADA POR FASES DE FUERZA DE TALLER MECÁNICA Y ELECTRICIDAD





LEYENDA:

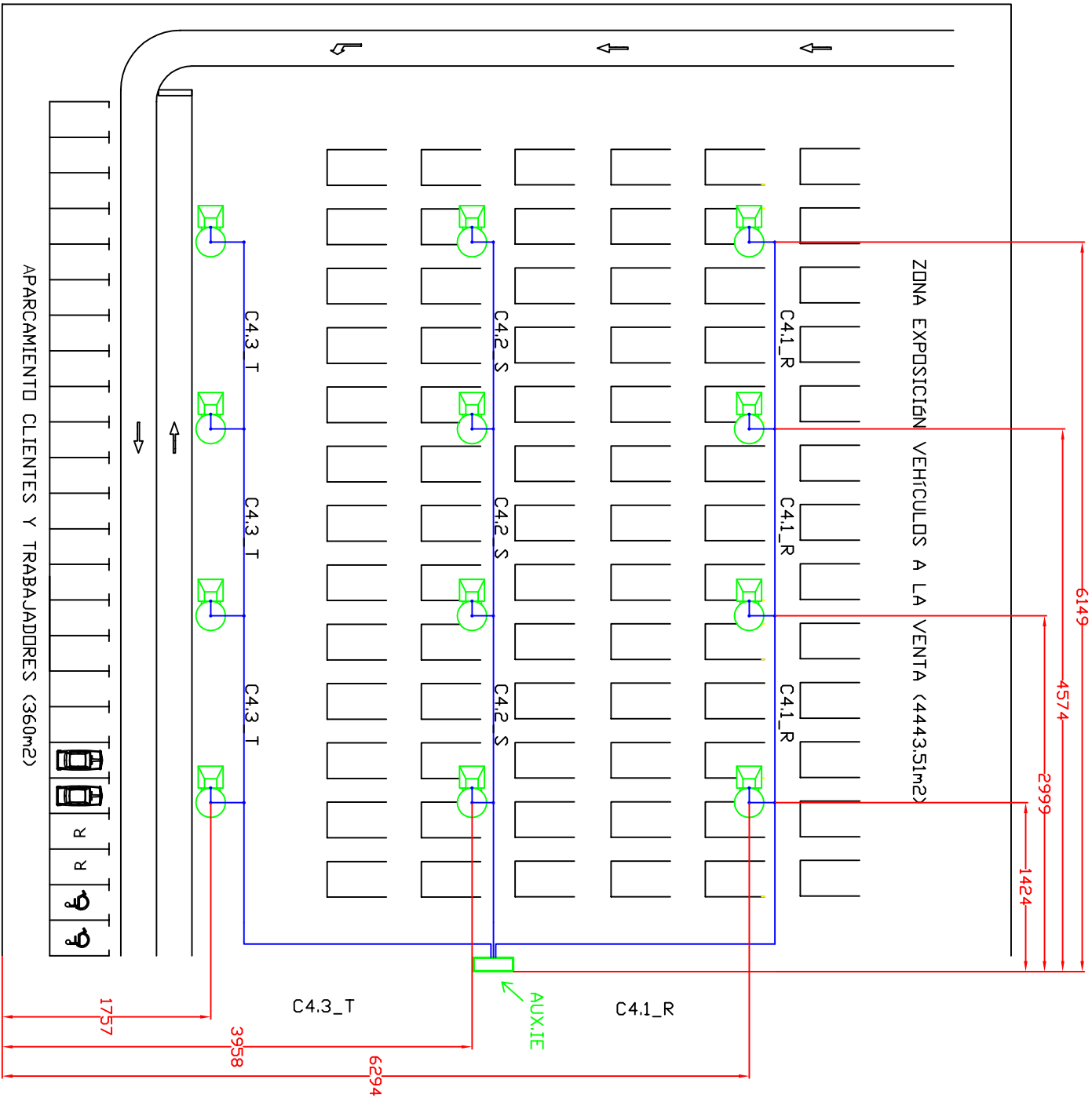
INSTALACIÓN DE FUERZA FORMADA POR CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE TUBO FLEXIBLE CORRUGADO DE POLIAMIDA LIBRE DE HALÓGENOS EMPOTRADO EN OBRA EN TECHOS Y PAREDES

LAS TOMAS DE CORRIENTE IRAN COLLOCADAS A 50cm SOBRE EL NIVEL DEL PISO EXCEPTO LAS DE LAS MESAS.

- Toma de corriente F+N+TT
- Toma de corriente FFF+N+TT
- Extractor


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:	
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:	REALIZADO:			
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMPRAVENTA DE AUTOMÓVILES				PARDIÑAS GARCIA, OSCAR
PLANO:	FIRMA:			
	TALLER FUERZA II			
	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:	
	16/11/11	S/E	11	





LEYENDA:

 Philips SNF111 1xHPI\_T1000W/220V NB/58

 KExt CONTACTO DEL CONTACTOR

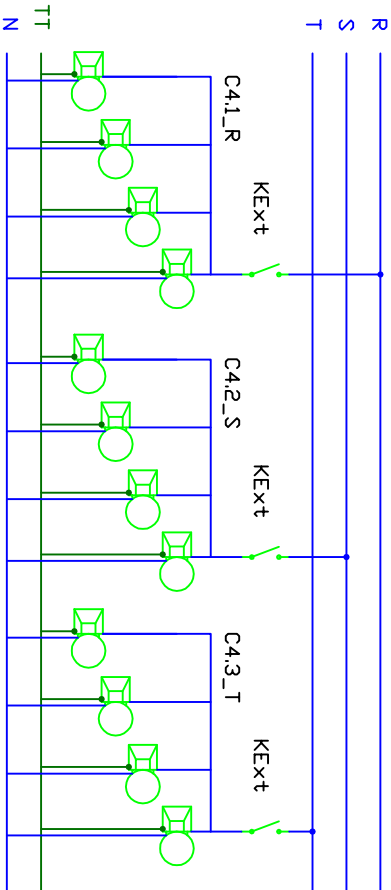
C4.1\_R : CIRCUITO ILUMINACIÓN EXTERIOR  
EXPOSICIÓN CIRCUITO 1 FASE R


NOTA:  
COTAS EN CM

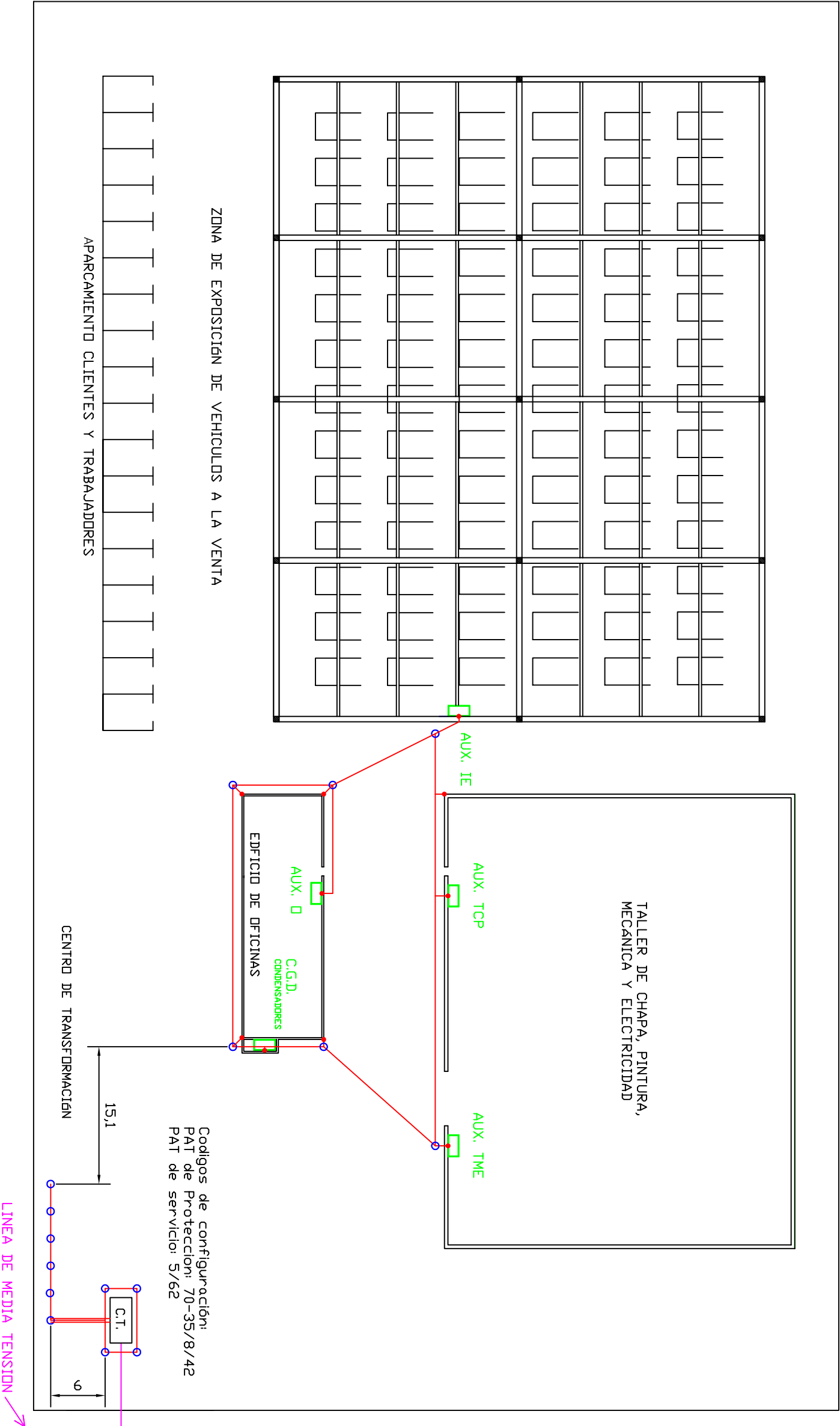
INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN FORMADA POR CONDUCTORES AISLADOS EN EL INTERIOR DE TUBO FLEXIBLE CORRUGADO DE POLIAMIDA LIBRE DE HALÓGENOS EN MONTAJE SUPERFICIAL EN LA ESTRUCTURA METÁLICA

LA ILUMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN ESTÁ AUTOMATIZADA MEDIANTE UNA CELULA FOTOELÉCTRICA

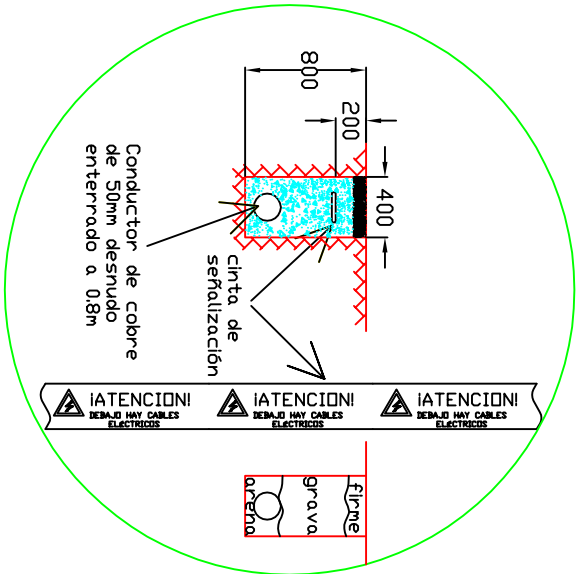
## DISTRIBUCIÓN EQUILIBRADA POR FASES DE LA ILUMINACIÓN



 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:		INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO:	
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES</b>				<b>PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR</b>	
PLANO:		FIRMA:			
<b>EXPOSICIÓN ILUMINACIÓN</b>		FECHA:		ESCALA:	
		<b>16/11/11</b>		<b>1/500</b>	
				Nº PLANO:	
				<b>12</b>	



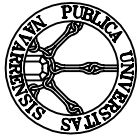
DETALLE ZANJAS:

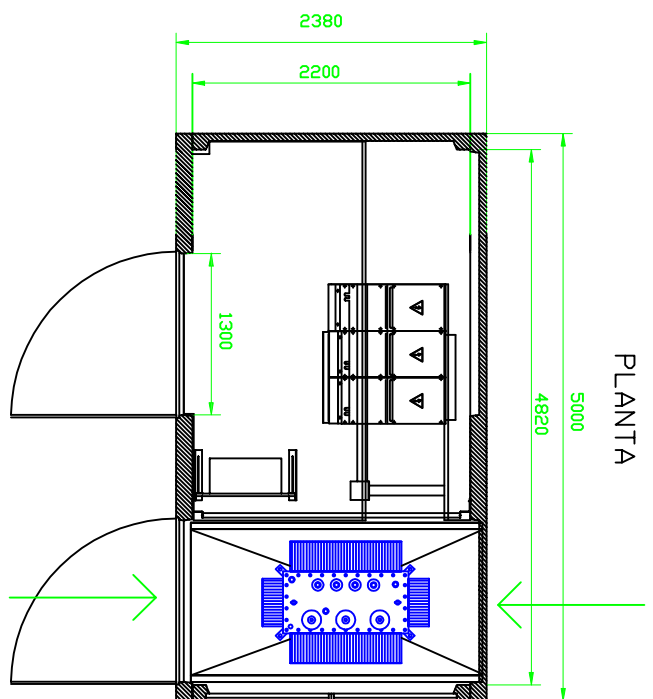
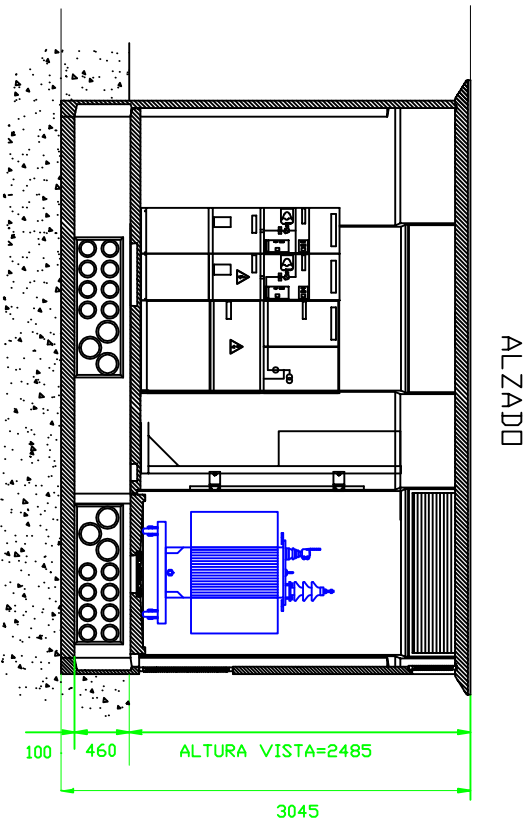


NOTAS: DIBUJO ZANJAS COTAS EN mm  
PLANO PAT COTAS EN m

Puesta a tierra: Se procurará, en la medida de lo posible unir la plicas con el mallazo de la cimentación de su edificio, mediante cable desnudo y soldadura aluminotérmica. Este apartado no es necesario pero ayuda a disminuir la resistencia a tierra.

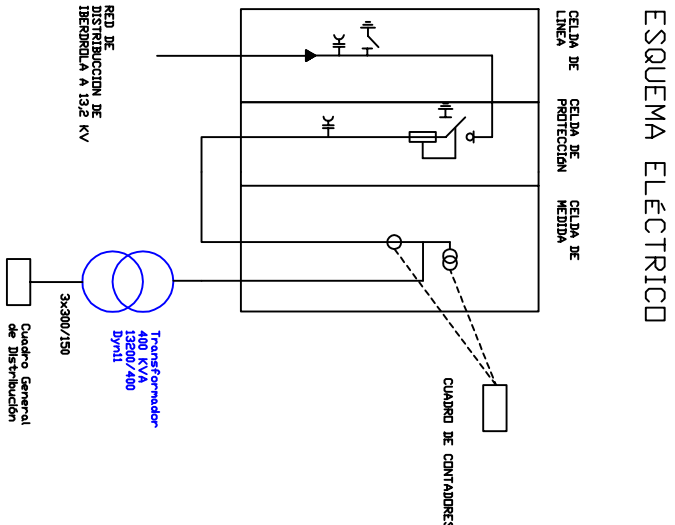
- Pica de acero recubierta de cobre de 14mm de diámetro y 2m de longitud
- Conductor de cobre de 50mm desnudo enterrado a 0,8m
- Soldadura aluminotérmica
- || Tubo de PVC de 16 mm de diámetro y grado de protección 7

<div><div><div>Universidad Pública de Navarra</div></div><div><div>INGENIERO</div><div>TÉCNICO INDUSTRIAL E.</div></div></div>		<div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES</b>		REALIZADO: <b>PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR</b>	
PLANO: <b>PUESTA A TIERRA</b>		FIRMA: <div></div>	
		FECHA: <b>16/11/11</b>	ESCALA: <b>1/500</b>
		Nº PLANO: <b>13</b>	



Rejilla salida ventilación parte lateral dcha, 2 metros por encima de la de entrada de dimensiones 1300x1000mm

Rejilla entrada ventilación situada en la parte lateral izda inferior a 0,5 metros del suelo, de dimensiones 1100x1000mm.



TIERRA DE PROTECCIÓN

CODIGO DE CONFIGURACIÓN: 70-35/8/42 (UNESA)

Conductor de cobre desnudo de sección 50mm enterrado a 0,8m

4 placas de acero recubierto de cobre de 14mm de diámetro y 2 m de longitud

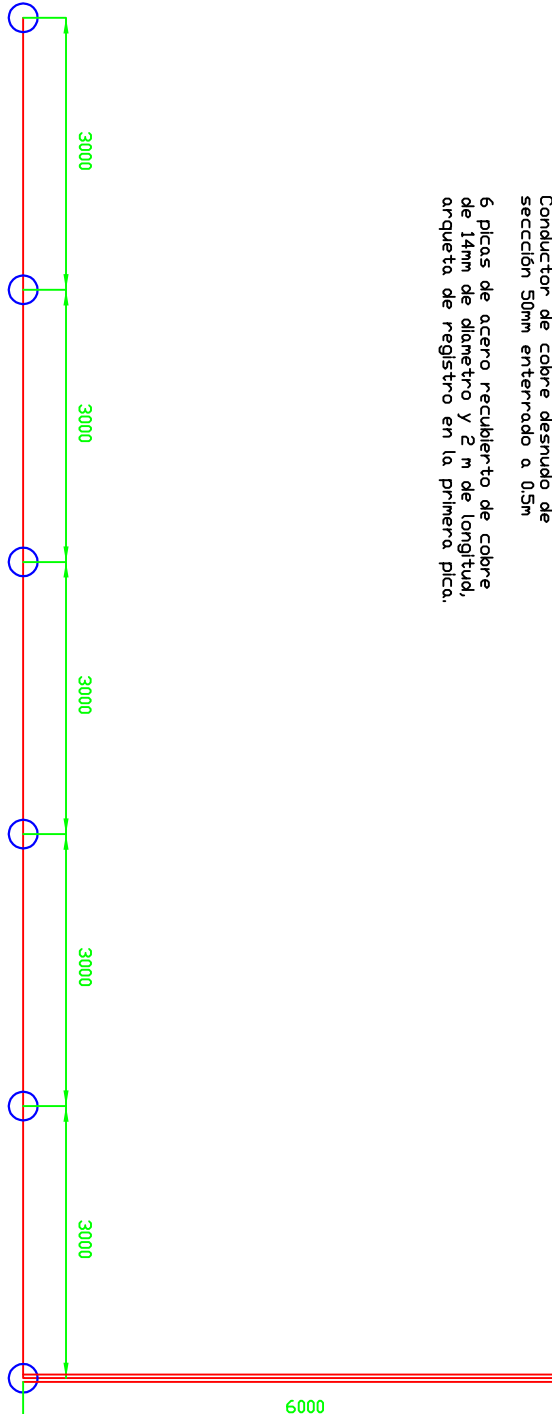
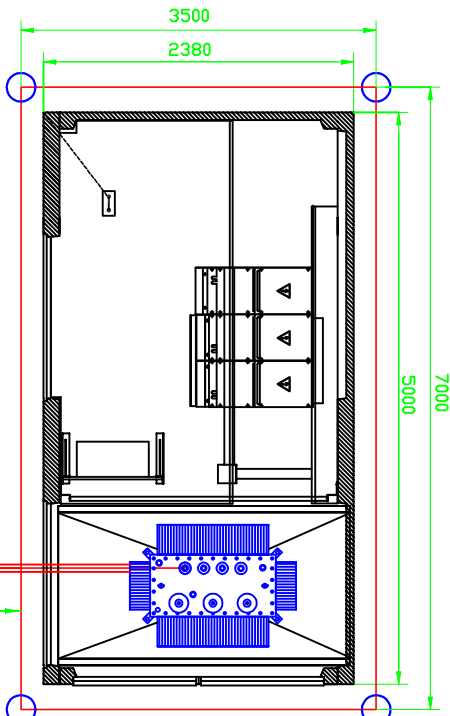
TIERRA DE SERVICIO


CODIGO DE CONFIGURACIÓN: 5/62 (UNESA)

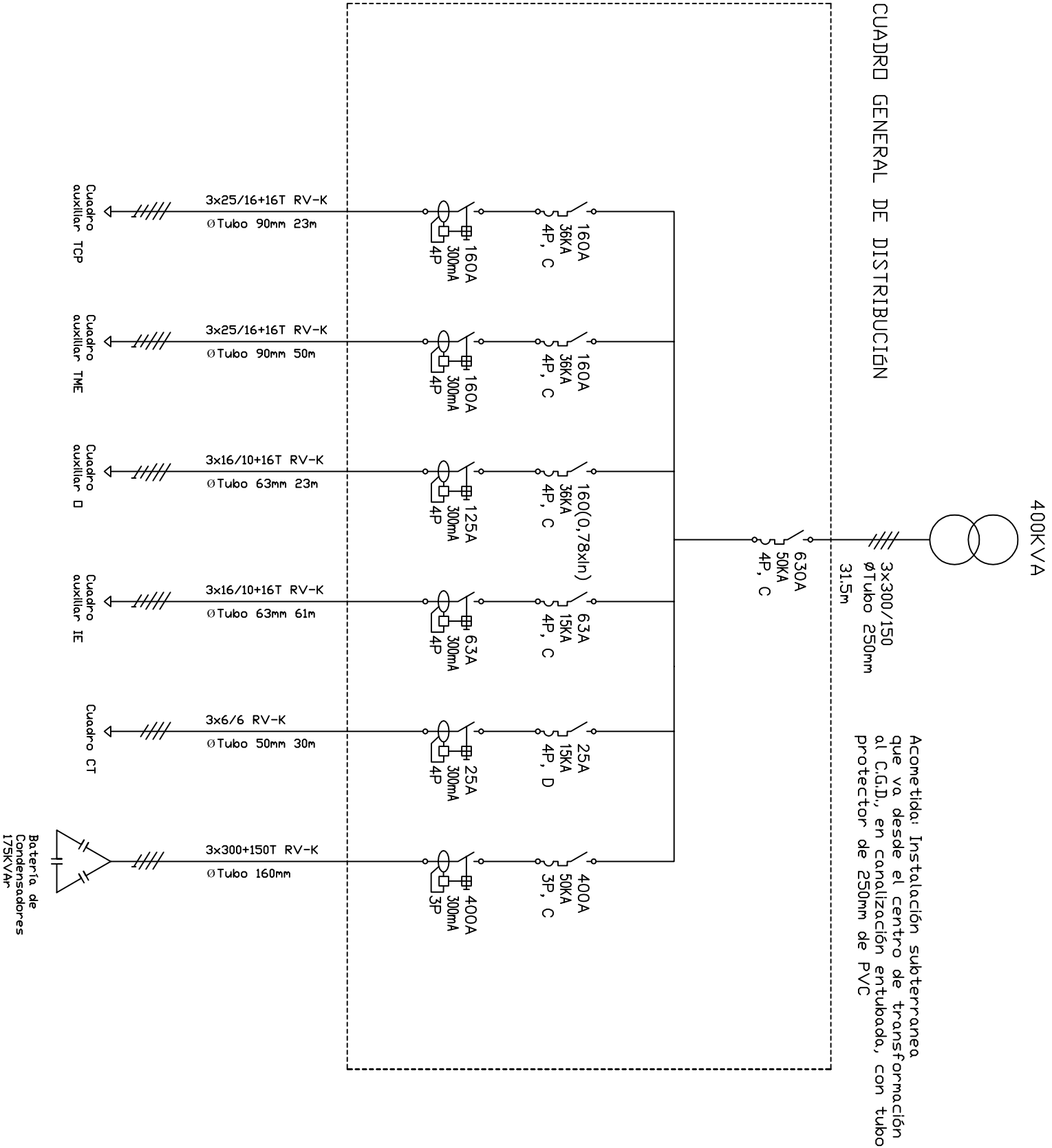
Tubo de PVC de 16 mm de diámetro y grado de protección 7

Conductor de cobre desnudo de sección 50mm enterrado a 0,5m

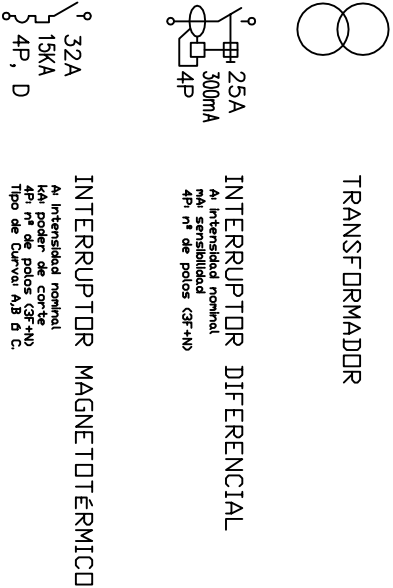
6 placas de acero recubierto de cobre de 14mm de diámetro y 2 m de longitud, arqueta de registro en la primera placa.




 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO DE	
<b>PROYECTO:</b>		<b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</b>		DEPARTAMENTO DE	
				PROYECTOS E ING. RURAL	
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES</b>		<b>REALIZADO:</b>		PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR	
				<b>FIRMA:</b>	
<b>PLANO:</b>		<b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		FECHA:	
				16/11/11	
				ESCALA:	
				1/60	
				Nº PLANO:	
				14	

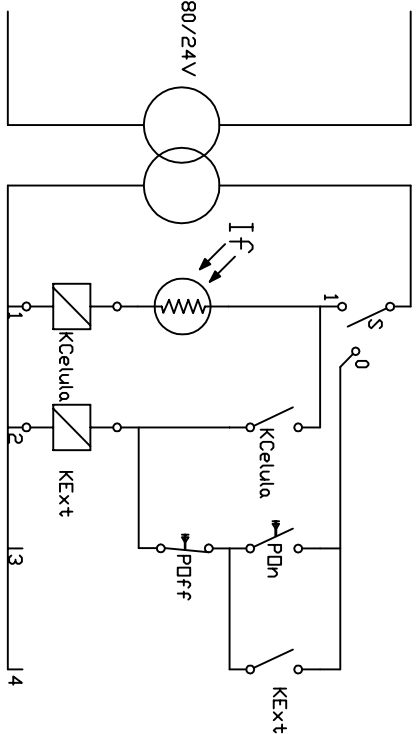


LEYENDA:

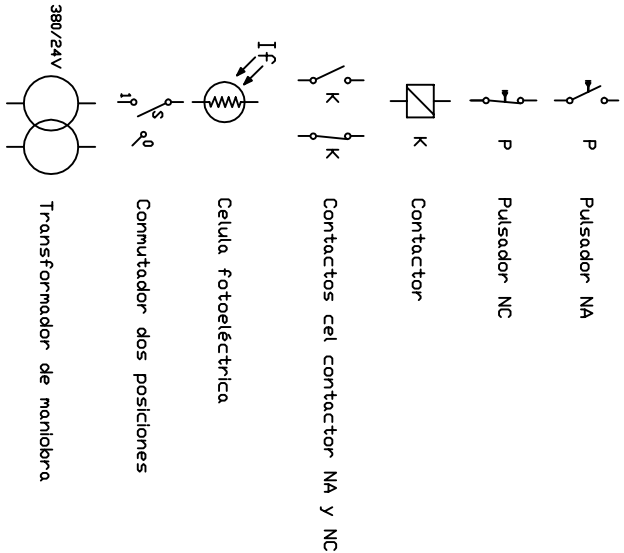


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:		REALIZADO:
<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMRAVENTA DE AUTOMÓVILES</b>		<b>PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR</b>
PLANO:		FIRMA:
<b>CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN</b>		FECHA: 16/11/11
		ESCALA: S/E
		Nº PLANOS: 15

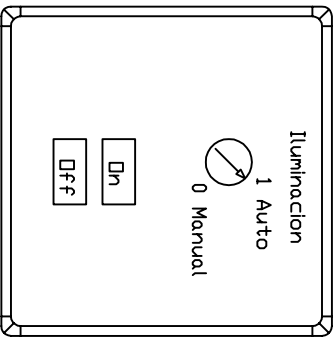
ESQUEMA DE MANIOBRA CORRESPONDIENTE AL CIRCUITO DE ILUMINACIÓN DEL CUADRO AUX D

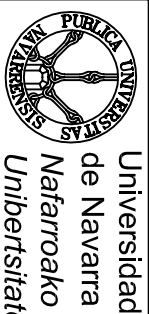


LEYENDA:



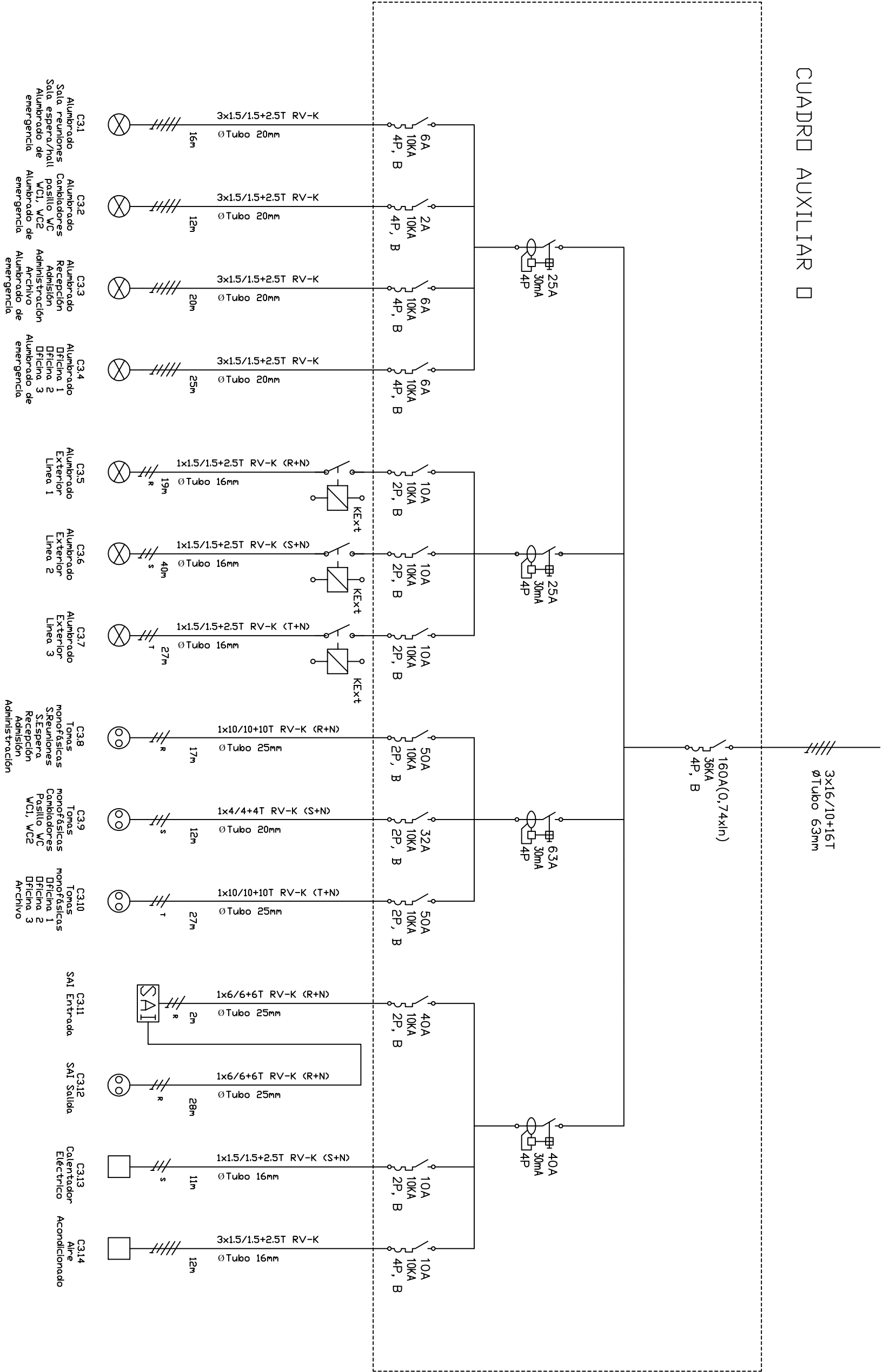
Apariencia exterior del cuadro una vez cerrado la tapa. Exteriormente sólo se podrá acceder al manejo de la iluminación



	Universidad Pública de Navarra	
	de Navarra	
Nafarroako Unibertsitate Publikoa		
E.T.S.I.I.T.		
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		
PROYECTO:		
REALIZADO:		
PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR		
FIRMA:		
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		

PLANO:		FECHA:		ESCALA:		Nº PLANO:	
CUADRO AUXILIAR O		16/11/11		S/E		16	

### CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN



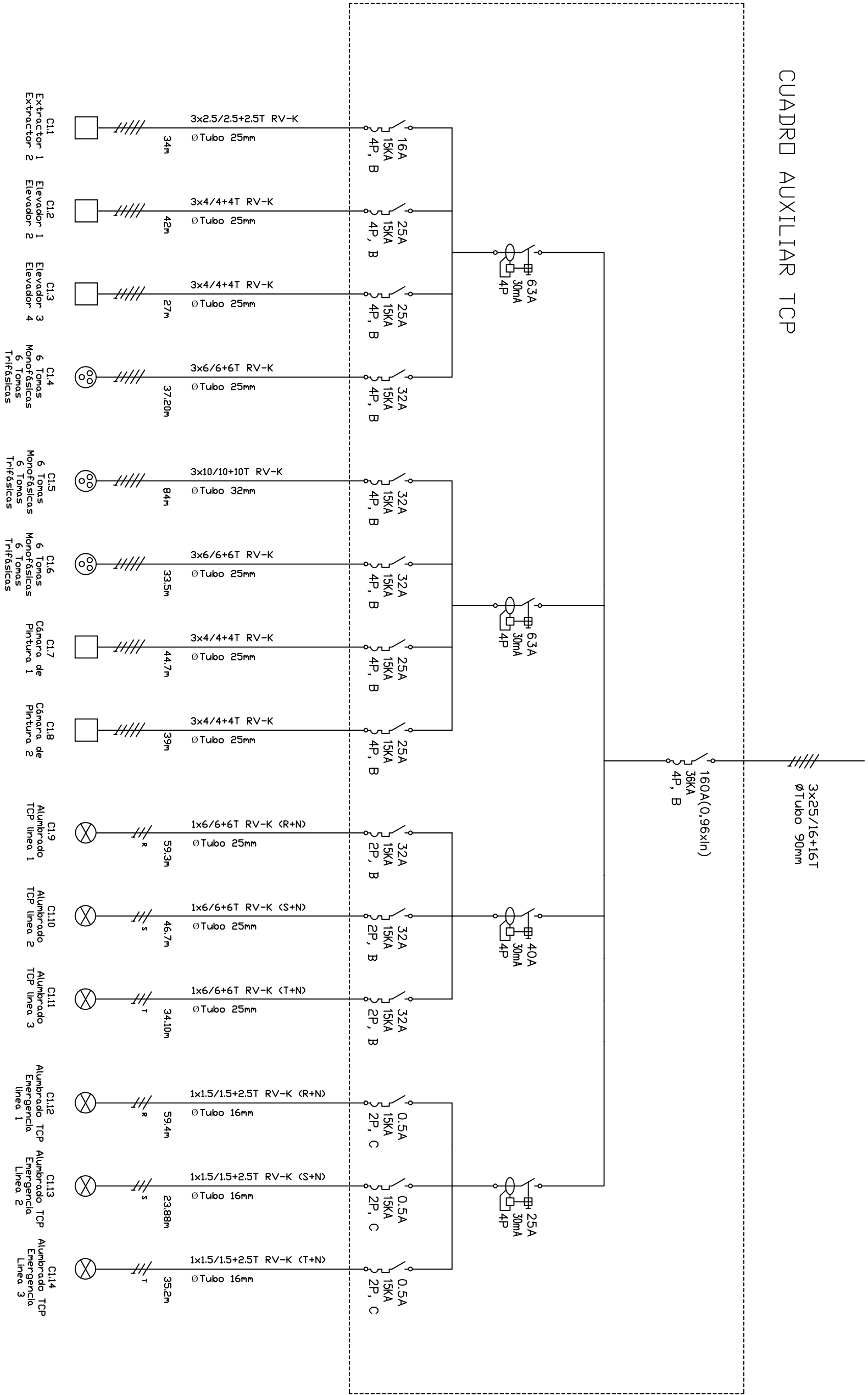
### LEYENDA:

- Interruptor Diferencial
- Interruptor Magnético
- Tomos de corriente III+N+T, 16 A.
- Tomos de corriente I+N+T, 16 A.
- Tomos de corriente I+N+T, 16 A. Desde S.A.I.
- S.A.I. Sistema de alimentación ininterrumpida 8000W

NOTA: Los circuitos de iluminación estarán equilibrados respecto a las fases. Existe adjunto un plano en el que se detalla como.

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION

CUADRO AUXILIAR TCP



NOTA: Los circuitos de iluminación estarán equilibrados respecto a las fases. Existe adjunto un plano en el que se detalla como.

LEYENDA:

- INTERRUPTOR DIFERENCIAL**  
63A 30mA  
4P, n° de polos

**INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO**  
125A  
4P, n° de polos A,B o C  
4P, n° de polos A,B o C


**Tonos de corriente**  
III+N+T, 16 A.  
Tonos de corriente I+N+T, 16 A.
- Iluminación**

**Tonos consumos**

**Distribución trifásica a 5 hilos: RST+N+P**

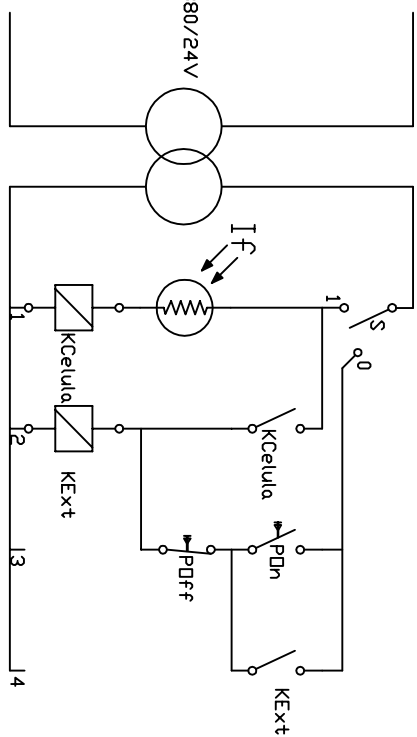
**Distribución monofásica a 3 hilos: R+N+P**

**Distribución monofásica a 3 hilos: R+N+P**  
el subíndice indica la fase elegida, R en el ejemplo.

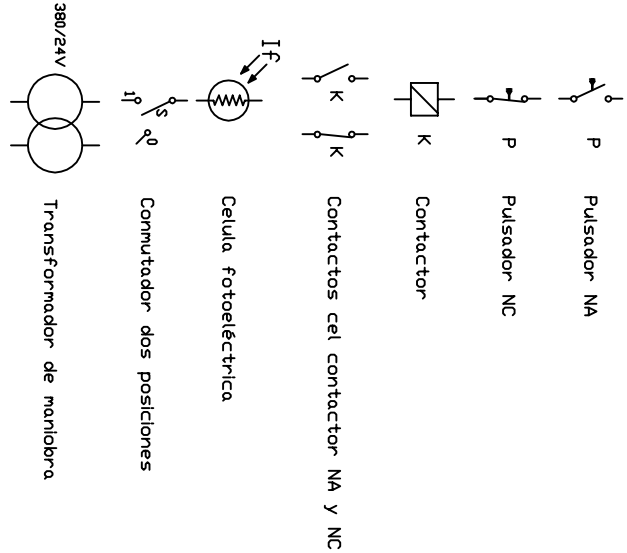
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	REALIZADO: PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR		
PLANO: CUADRO AUXILIAR TCP	FIRMA:		
	FECHA: 16/11/11	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 17
	Firma de: Oscar Pardiñas García Ingeniero Técnico Industrial de Edificación Colegiado en el Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Navarra nº 17		



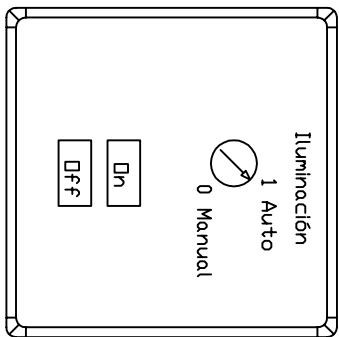
ESQUEMA DE MANIDORA CORRESPONDIENTE AL CIRCUITO DE ILUMINACIÓN DEL CUADRO AUX TME



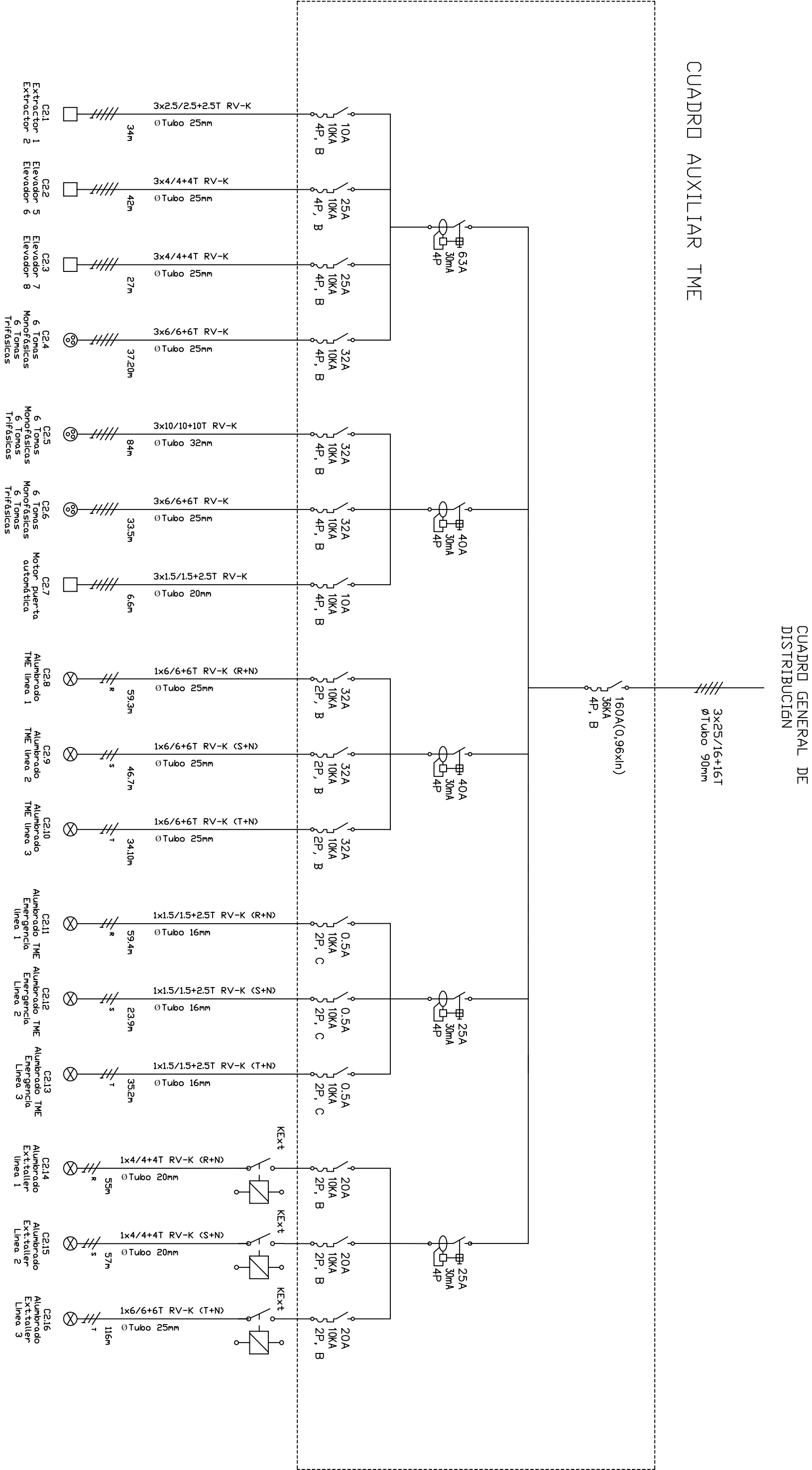
LEYENDA:



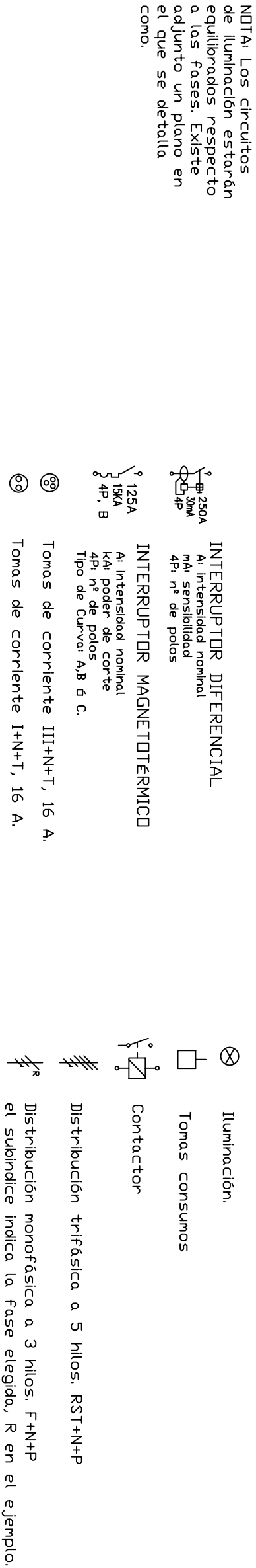
Apariencia exterior del cuadro una vez cerrada la tapa. Exteriormente sólo se podrá acceder al manejo de la iluminación

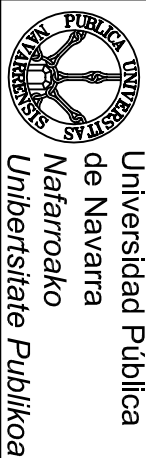


CUADRO AUXILIAR TME



LEYENDA:



 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:  <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.</b>		

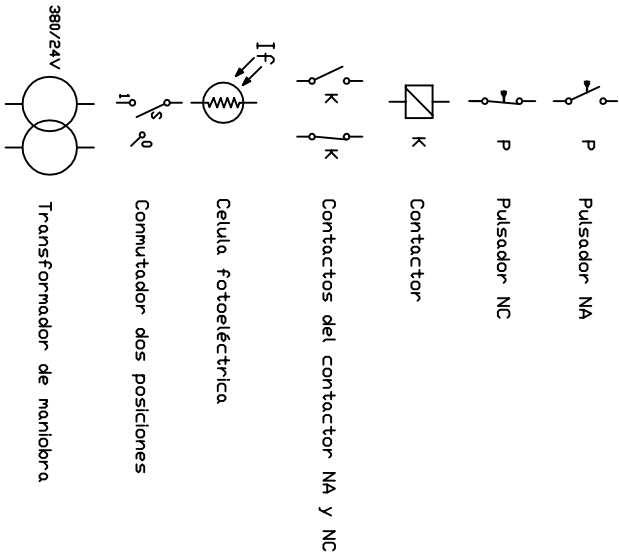
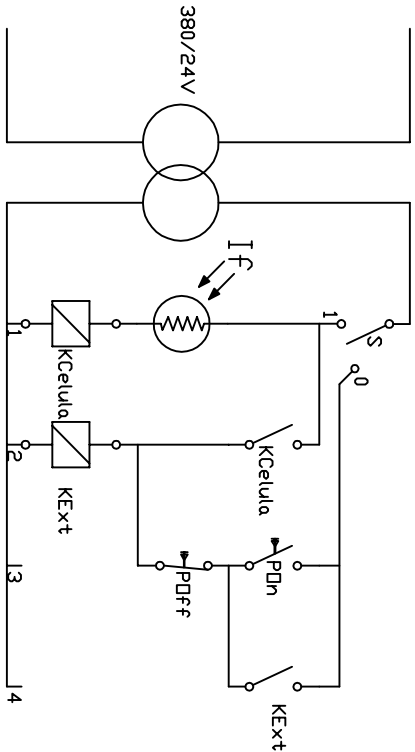
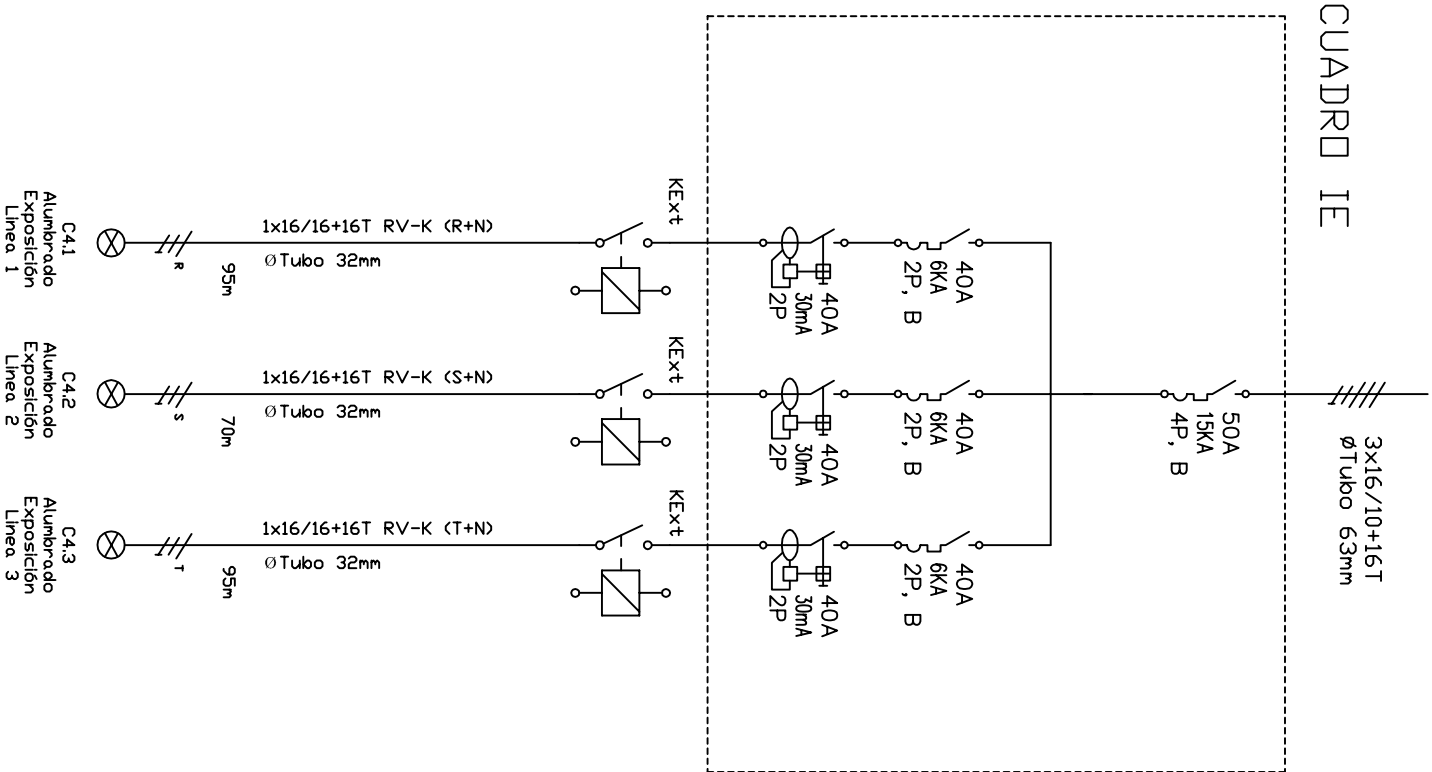
PROYECTO:	REALIZADO:		
	PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR		

PLANO:	FIRMA:		
	FECHA: 16/11/11 ESCALA: S/E Nº PLANO: 18		

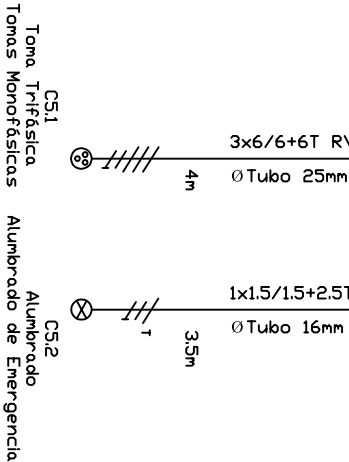
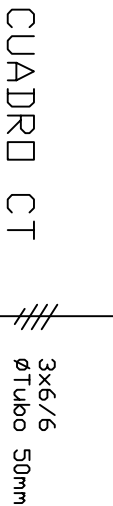
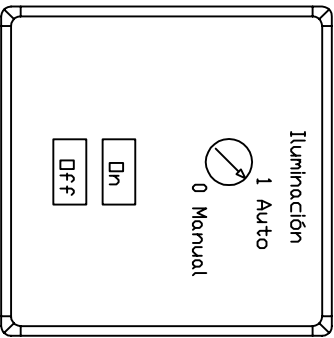
CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

ESQUEMA DE MANIOBRA CORRESPONDIENTE AL CIRCUITO DE ILUMINACIÓN DEL CUADRO AUX IE

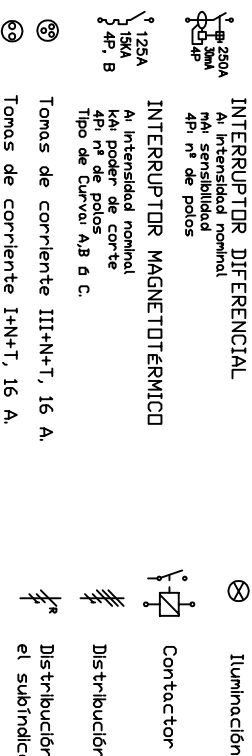
CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN




Apariencia exterior del cuadro una vez cerrada la tapa. Exteriormente sólo se podrá acceder al manejo de la iluminación



LEYENDA:



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:		REALIZADO:		PARDIÑAS GARCÍA, OSCAR	
PLANOS:		FIRMA:		FECHA:	
CUADRO AUXILIAR IE Y CT		16/11/11		S/E	
				Nº PLANO:	
				19	





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ELÉCTRICA

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMPRAVENTA DE  
AUTOMÓVILES

## **DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES**

Oscar Pardiñas García

Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, Noviembre de 2011



## INDICE

1. OBJETO	3
2. CONDICIONES GENERALES	3
2.1. Normas generales.	3
2.2. Ámbito de aplicación.	3
2.3. Conformidad o variación de las condiciones.	3
2.4. Rescisión.	3
2.5. Condiciones generales.	4
3. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN	4
3.1. Datos de obra.	4
3.2. Obras que comprende.	4
3.3. Mejoras y variaciones del proyecto.	4
3.4. Personal.	5
3.5. Condiciones de pago.	5
4. CONDICIONES PARTICULARES	6
4.1. Disposiciones aplicables.	6
4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto.	6
4.3. Prototipos.	6
5. NORMATIVA GENERAL	6
6. INSTALACIONES DE LOS LOCALES	7
6.1. Acometida individual.	8
6.2. Dispositivos de protección.	8
6.3. Cuadro general de distribución.	8
6.4. Canalizaciones.	8
6.5. No simultaneidad.	8
7. MATERIALES	9
8. REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	9
8.1. Cables.	9
8.2. Identificación del conductor neutro.	10
8.3. Continuidad del conductor neutro.	10
8.4. Puesta a tierra del neutro.	10
8.5. Ejecución de las instalaciones.	10
8.6. Sección de los conductores. Caídas de tensión.	11
9. RECEPTORES	11
9.1. Condiciones generales de la instalación.	11
9.2. Conexiones de receptores.	11
9.3. Receptores de alumbrado. Instalación.	12
9.4. Receptores a motor. Instalación.	12
9.5. Aparatos de caldeo. Instalación.	13



10. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES	13
10.1. Protección de las instalaciones.	13
10.1.1. Protección contra sobreintensidades.	13
10.1.2. Protección contra sobrecargas.	14
10.2. Situación de los dispositivos de protección.	14
10.3. Características de los dispositivos de protección.	14
11. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	15
11.1. Protección contra contactos directos.	15
11.2. Protección contra contactos indirectos.	15
11.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.	16
12. ALUMBRADOS ESPECIALES	17
12.1. Alumbrado de emergencia.	17
12.2. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales.	17
12.3. Fuentes propias de emergencia.	18
13. LOCAL	18
13.1. Prescripciones de carácter general.	18
14. MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA	19
15. PUESTAS A TIERRA	20
15.1. Objetivo de la puesta a tierra.	20
15.2. Definición.	20
15.3. Partes que comprende la puesta a tierra.	20
15.4. Electrodo, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de instalación.	22
15.5. Resistencia de tierra.	22
15.6. Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y sus derivaciones.	23
15.7. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y las masas de un centro de transformación.	24
15.8. Revisión de las tomas de tierra.	25



## **1. OBJETO**

El objeto de este pliego de condiciones es, establecer las exigencias que deben satisfacer los materiales, el montaje y la realización de la obra de la instalación eléctrica de baja tensión y el centro de transformación de una nave industrial dedicada a la venta y reparación de vehículos.

La nave está situada en el Polígono 2 de Arazuri en las parcela 739 del municipio de Olza.

## **2. CONDICIONES GENERALES**

### **2.1. NORMAS GENERALES**

Todas las instalaciones que se realicen en el desarrollo del presente proyecto, deberán cumplir lo preceptuado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, así como la reglamentación complementaria, deberán cumplir el Reglamento Electrotécnico para Centros de Transformación de Iberdrola.

### **2.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN**

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

### **2.3. CONFORMIDAD O VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES**

Se aplicará estas condiciones para todas las obras incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

### **2.4. RESCISIÓN**

Si la ejecución de las obras no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podrá proceder a la rescisión del contrato con la pérdida de la fianza.

En este caso se fijará un plazo para tomar medidas cuya paralización pudiera perjudicar las obras sin que durante este plazo se empiecen más trabajos. No se abonarán los acopios que se hubieran efectuado.

## **2.5. CONDICIONES GENERALES**

El contratista deberá cumplir cuantas disposiciones vigentes hubiera de carácter social y de protección a la empresa nacional.

## **3. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN**

### **3.1. DATOS DE OBRA**

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliego de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

### **3.2. OBRAS QUE COMPRENDE**

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego y el particular, si lo hubiera, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas especificadas.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la compraventa de automóviles, incluyendo el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
  - Colocación de luminarias.
  - Colocación de cableado.
  - Instalación de las protecciones eléctricas.
  - Ejecución del centro de transformación.

### **3.3. MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO**

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.

### **3.4. PERSONAL**

El contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar en varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan de la dirección técnica de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido.

### **3.5. CONDICIONES DE PAGO**

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso pero el contratista quedará obligado a conformarse con la rebaja que el director de la obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista al abono de las obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta. Si contienen materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y que por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista. Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

Cuando la propiedad o el director de obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de ejecución de obras o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

## 4. CONDICIONES PARTICULARES

### 4.1. DISPOSICIONES APLICABLES

Además de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en la Normas Internacionales ISO, CIE, CEI o en su defecto las DIN, UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

### 4.2. CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos, *en caso de contradicción entre planos y memoria, prevalecerá lo prescrito en los planos.*

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

### 4.3. PROTOTIPOS

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obra un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

## 5. NORMATIVA GENERAL

- a) Se calificará como *instalación eléctrica de baja tensión* todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular. Producción, conservación, transformación, transmisión o utilización de la energía eléctrica, cuyas *tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000V para corriente alterna.*

- b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
- c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite, establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

Nota: en virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

- d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda 50 KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.
- e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.
- f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

## 6. INSTALACIÓN DE LOS LOCALES

Los locales que se instalen en la compraventa que comprende este proyecto se realizarán teniendo en cuenta las condiciones que se detallan a continuación.



## **6.1. ACOMETIDA INDIVIDUAL**

Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local constituyan en edificio independiente o en el caso en el que haya más de un local en un edificio y la potencia instalada así lo requiera.

## **6.2. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN**

En el cuadro general de distribución y en los auxiliares, se dispondrán dispositivos de protección que protejan cada una de las líneas que salgan de dicho cuadro. Se pondrá una placa indicando a qué circuito pertenecen los dispositivos.

## **6.3. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN**

El cuadro general de distribución se instalará lo más cerca posible de la entrada de la acometida y se colocará en él, el correspondiente dispositivo general de mando y protección, según la ITC-BT-17 (Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).

Del citado cuadro saldrán las líneas que alimentarán los distintos cuadros auxiliares colocados en el concesionario que estarán convenientemente protegidos.

## **6.4. CANALIZACIONES**

Las canalizaciones se realizarán:

- Con conductores aislados de tensión asignada no inferior a 450/750 V, bajo tubos protectores que cumplan lo establecido en la ITC-BT-021.
- Con conductores aislados, fijados directamente sobre las paredes, de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 KV, provistos de aislamiento y cubierta.
- Con conductores aislados, en el interior de huecos de la construcción, de tensión asignada no inferior a 450/750 V, con la condición de que no sean propagadores de la llama.

## **6.5. NO SIMULTANEIDAD**

Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

## 7. MATERIALES

Los materiales utilizados en la ejecución de la obra podrán ser sometidos a los análisis, ensayos o pruebas (por cuenta de la contrata) que sean necesarias para la acreditación de su calidad.

Si se emplea otro tipo de material que no haya sido especificado, deberá ser aprobado por el Técnico Redactor del Proyecto. Será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas para la construcción de la obra.

Toda aquella pieza cuyas dimensiones no aparezcan en los planos por estar normalizada, se atenderá en cuanto a dimensiones y tolerancias como mínimo a los fijado por la normativa en vigor utilizada por el Técnico Redactor del Proyecto (UNE, DIN, etc.).

Si se utilizan materiales que no están especificados en el proyecto, deberá de determinarse previamente el precio de dichos productos, ya que no aparecen en el presupuesto. El precio lo determinarán el contratista y el proveedor.

En el caso de que se ejecuten las obras sin que se haya determinado el precio del material no previsto, el director de obra será quien lo tase.

## 8. REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

### 8.1. CABLES

Los conductores de los cables en las líneas subterráneas serán de cobre y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán protegidos debidamente contra la corrosión que pueda provocar el terreno y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables serán de uno o más conductores con que se haga la distribución, la sección del conductor será (**ITC-BT-07**):

- a) Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- b) Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla siguiente.

Conductores (mm <sup>2</sup> )	Fase	Sección (mm <sup>2</sup> )	Neutro
6(Cu)		6	
10(Cu)		10	
16(Cu)		10	
16(Al)		16	
25		16	
35		16	
50		25	
70		35	
95		50	
120		70	
150		70	
185		95	
240		120	
300		150	

## 8.2. IDENTIFICACIÓN DEL CONDUCTOR NEUTRO

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado.

## 8.3. CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR NEUTRO

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por medio del dispositivo siguiente:

Interruptor o seccionador omnipolar que actúe sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecte el neutro antes que las fases y desconecten antes que el neutro.

## 8.4. PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO

El conductor *neutro se conectará a tierra en el centro de transformación* como está previsto en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

## 8.5. EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las canalizaciones se dispondrán por el interior de la parcela y unirá el centro de transformación con el cuarto en el que se ubica el Cuadro General de Distribución así como la unión entre el Cuadro General de Distribución y los cuadros auxiliares del edificio de oficinas, los talleres e iluminación exterior. La profundidad, hasta la parte inferior del cable no será menor de 0,60 metros.

## 8.6. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES. CAÍDAS DE TENSIÓN

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del **4,5 %** de la tensión nominal en el origen de la **instalación para el alumbrado**, y del **6,5 % para los demás usos**. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.

## 9. RECEPTORES

### 9.1. CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento. Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo excepciones que para cada caso puedan señalar prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobrentensidads siendo de aplicación para ello lo dispuesto en la instrucción ITC-BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

### 9.2. CONEXIONES DE RECEPTORES

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la instrucción ITC-BT-43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecta a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada al aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de material termoplástico.

La conexión de conductores móviles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente.
- Cajas de conexión.
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos móviles.

### **9.3. RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN**

Se prohíbe terminantemente colgar armaduras de las lámparas utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia por lo menos hasta 0,9.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la Instrucción **ITC –BT-09** del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### **9.4. RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN**

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a este.

## 9.5. APARATOS DE CALDEO. INSTALACIÓN

Los aparatos de caldeo se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.

Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en su uso normal no estén bajo vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán constituidos de manera que su elemento de caldeo sólo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de funcionar. Los aparatos fijos, llevarán además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

## 10. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES

### 10.1. PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

#### 10.1.1. PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES (PUNTUAL)

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortacircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los **interruptores automáticos** con sistema de corte electromagnético.

### 10.1.2. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS (PROLONGADA)

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un **interruptor automático de corte omnipolar** o por un interruptor automático que corte únicamente conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

### 10.2. SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en el concesionario. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortacircuitos.

### 10.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas de intensidad – tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentasen el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

## 11. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

### 11.1. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) **Alejamiento** de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metro abajo y 1 metro lateralmente.
- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que puedan presentarse en su función.
- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA.

### 11.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc., que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

#### CLASE A:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.



## CLASE B:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

### 11.3. PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe de hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a :  
24V en locales conductores  
50V en los demás casos
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automático sensibles a la corriente de defecto **interruptores diferenciales**. *Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.*

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir del cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

## **12. ALUMBRADOS ESPECIALES**

### **12.1. ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía este constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70 % de su tensión nominal.

### **12.2. LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES**

a) Con alumbrado de emergencia:

Todos los locales de reunión que puedan albergar a 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.

b) Con alumbrado de señalización:

Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

### 12.3. FUENTES PROPIAS DE ENERGÍA

La fuente propia de energía constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de la energía eléctrica, o cuando aquella descienda por debajo del 70 % de su valor nominal.

La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

La capacidad mínima de esta fuente de energía será como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en el apartado 2.1 de esta instrucción.

### 13. LOCAL

#### 13.1. PRESCRIPCIONES DE CÁRACTER GENERAL

Las instalaciones en los locales a los que afecten las presentes prescripciones cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan.

- a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente, o igualmente en el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.
- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre él, el dispositivo de mando y protección preceptivo, según la instrucción ITC-BT-16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas, en dicho punto, un dispositivo de mando y protección.  
Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectarán mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 15 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.
- c) El cuadro general de distribución, e igualmente los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico, por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no

propagadoras de fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica y siempre antes del cuadro general.

- d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores de los cuadros se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenezcan.
- e) Las canalizaciones estarán constituidas por:
  - Conductores aisladores, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
  - Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.
  - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000V armados colocados directamente sobre las paredes.
- f) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

## 14. MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor, es decir que funcionen simultáneamente.
- Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior de un 10 % del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra,

## **15. PUESTA A TIERRA**

### **15.1. OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA**

Las puestas a tierra se establecen con el objetivo principal de *limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado la masa metálica*, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

### **15.2. DEFINICIÓN**

La denominación "puesta a tierra", comprende toda ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o de descarga de origen atmosférico.

### **15.3. PARTES QUE COMPRENDE LA PUESTA A TIERRA**

#### **a) Toma de tierra:**

Las tomas de tierra están constituidas por elementos siguientes:

- Electrodo: es una masa metálica, permanentemente en contacto con el terreno, para facilitar el paso de este de las corrientes de defectos que puedan presentarse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.
- Línea de enlace con tierra: está formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra: es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que los precisen dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión que permita la unión entre los conductores de las líneas de

enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados separarse estas, con el fin de poder realizar la medida de resistencia a tierra.

b) Líneas principales de tierra:

Estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

c) Derivaciones de las líneas principales de tierra:

Estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección contra las masas.

d) Conductores de protección:

Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos que tienen las masas:

- Al neutro de la red
- A otras masas
- A elementos metálicos distintos de las masas
- A un relé de protección

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrá incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuara por derivaciones desde este.

Se considera *independiente una toma de tierra* respecto a otra cuando una de las tomas a tierra no alcance, respecto de un punto a potencial a cero, una tensión superior a 50 V cuando la otra toma disipa la máxima corriente de tierra prevista.

## 15.4. ELECTRODOS, NATURALEZA, CONSTITUCIÓN, DIMENSIONES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objetivo de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán principalmente electrodos artificiales. No obstante, los electrodos naturales que existirán en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno pueden utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de estos cuando su instalación presente requisitos anteriormente señalados, con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos presente un valor adecuado.

- Picas verticales:

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro, como mínimo; las barras de acero tienen que estar cubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 metros si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, al menos a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

## 15.5. RESISTENCIA DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno y varía también con la profundidad.

Bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores no da más que un valor muy apropiado de la resistencia de tierra del electrodo.

## **15.6. CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ENLACE CON TIERRA, DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA Y DE SUS DERIVACIONES**

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

- La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación no de originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión, ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de la duración de la falta, el cual sólo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.
- De cualquier forma los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de  $16 \text{ mm}^2$  de sección para las líneas principales e tierra, ni de  $35 \text{ mm}^2$  para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de  $16 \text{ mm}^2$  o de  $35 \text{ mm}^2$ , según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que se indican en la instrucción ITC-BT-18 para los conductores de protección.

Los conductores de enlace con tierra desnudos enterrados en el suelo se considerarán que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos electrodos en caso de falta.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además los conductores de protección suplirán con lo establecido en la instrucción ITC-BT-18.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masa que se desean poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los conductores de los circuitos de



tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efecto electroquímico las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos de forma adecuada con envoltentes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Se prohíbe intercalar en los circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores, solo se permite disponer de un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma a tierra.

### **15.7. SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS, DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masas, no estarán unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalizaciones de agua, gas, etc.) que una zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra de otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos de 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada ( $100 \Omega\text{m}$ ). Cuando el terreno sea mal conductor esta distancia será aumentada.
- El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización, o bien si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal forma que sus elementos metálicos no estén unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.



## **15.8. REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA**

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno esté más seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, estos así como también los conductores de enlace entre ellos hasta de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.



Instalación eléctrica de una compraventa de automóviles  
Oscar Pardiñas García  
Pliego de Condiciones

Pamplona, Noviembre de 2011  
Oscar Pardiñas García



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ELÉCTRICA

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMPRAVENTA DE  
AUTOMÓVILES

## **DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO**

Oscar Pardiñas García

Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, Noviembre de 2011



## INDICE

1. ALUMBRADO INTERIOR.	2
2. ALUMBRADO EXTERIOR.	2
3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA.	3
4. CABLES.	4
5. TUBOS Y CANALIZACIONES.	6
6. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.	8
7. INTERRUPTORES DIFERENCIALES.	10
8. TOMAS DE CORRIENTE.	10
9. CUADROS.	11
10. PUESTA A TIERRA.	11
11. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	12
12. BATERÍA DE CONDENSADORES	13
13. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.	14

## 1. ALUMBRADO INTERIOR

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
1.1	Ud.	Equipo fluorescente <b>Philips TMX204 2xTL-D36W HFP +GMX430 R</b> formado por 2 tubos de 36W. Incluido reactancias, cebadores, colocación y conexiones, la unidad terminada.	37	182.67	6758.79
1.2	Ud.	Equipo fluorescente compacto <b>Philips Pacific FCW196 2xPL-L18W/840</b> . Incluido reactancias, cebadores, colocación y conexiones, la unidad terminada.	4	148.98	595.92
1.3	Ud.	Equipo de lámparas de mercurio halogenado <b>Philips HPK380 1xHPI-P400W-BU P-MB +GPK380 AR D546</b> con su correspondiente soporte, incluido todo el equipo, la colocación y conexión, la unidad terminada.	48	232.27	11148.96
1.4	Ud.	<b>Interruptor</b> . Incluye piloto luminoso, material auxiliar. Instalado.	27	12.23	330.21
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>18833.88€</b>

## 2. ALUMBRADO EXTERIOR

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
2.1	Ud.	Equipo de Lámpara de descarga compacta-Halogenuros <b>Philips MVP506 1xCDM-T250 OR</b> con su correspondiente soporte, incluido todo el equipo, la colocación y conexión, la unidad terminada.	24	167.37	4016.88
2.2	Ud.	Equipo de Lámpara de vapor de Sodio de alta presión <b>Philips SNF111 1xSON-T1000W MB/58</b> con su correspondiente soporte, incluido todo el equipo, la colocación y conexión, la unidad terminada.	12	427.27	5127.24
2.3	Ud.	<b>Equipo para la automatización</b> de la iluminación exterior por célula fotoeléctrica. Se incluye transformador bifásico, interruptor crepuscular regulable, conmutador, pulsadores, contactor, cuadro y demás equipo así como la colocación y conexión, la unidad terminada.	3	730.43	2191.29
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>11334.41€</b>



### 3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
3.1	Ud.	Luminaria autónoma <b>LEGRAND B65 6W-90Lm</b> de alumbrado de emergencia y señalización con acumulador, Lámpara fluorescente lineal TL 6W/840 6A de Philips. Incluidos accesorios para la instalación. La unidad instalada	11	167.21	1839.31
3.2	Ud.	Luminaria autónoma <b>LEGRAND D1 6W-165Lm</b> de alumbrado de emergencia y señalización con acumulador, Lámpara fluorescente lineal TL 6W/840 6A de Philips. Incluidos accesorios para la instalación. La unidad instalada	4	189.14	756.56
3.3	Ud.	Luminaria autónoma <b>LEGRAND NFL 13W-770Lm</b> de alumbrado de emergencia y señalización con acumulador, Lámpara fluorescente lineal TL 13W/840 de Philips. Incluidos accesorios para la instalación. La unidad instalada	12	175.56	2106.72
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>4702.59€</b>

#### 4. CABLES

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
4.1	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 1,5 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.	1350	1.07	1444.50
4.2	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 2,5 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.	1100	1.62	1782
4.3	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 4 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.	1750	2.18	3815
4.4	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 6 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.	2550	2.98	7599
4.5	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 10 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.	1250	4.92	6150
4.6	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 16 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.	1550	7.23	11206.50
4.7	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre	350	11.52	4032





		flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 25 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.			
4.8	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 150 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.	50	78.22	3911
4.9	m	Conductor Energy RV-K de la marca General Cable. Conductor de cobre flexible clase 5, aislamiento polietileno reticulado (XLPE), cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico (PVC). Tensión 0,6/1 KV . <b>Sección 300 mm.</b> Incluido accesorios de instalación y totalmente montado bajo tubo.	130	110.54	14370.2
				<b>SUBTOTAL</b>	54310.2€

## 5. TUBOS, CANALIZACIONES

### 5.1 TUBOS, CANALIZACIONES Y ARQUETAS DE REGISTRO. REDES SUBTERRANEAS

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
5.1	m	Tubo rígido de PVC de <b>250 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluida excavación de la zanja, relleno zanja, cinta de señalización, arena de rio para asiento y demás material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	35	73.13	2559.55
5.2	m	Tubo rígido de PVC de <b>160 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluida excavación de la zanja, relleno zanja, cinta de señalización, arena de rio para asiento y demás material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	2	67.45	134.9
5.3	m	Tubo rígido de PVC de <b>90 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluida excavación de la zanja, relleno zanja, cinta de señalización, arena de rio para asiento y demás material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	75	58.78	4408.5
5.4	m	Tubo rígido de PVC de <b>63 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluida excavación de la zanja, relleno zanja, cinta de señalización, arena de rio para asiento y demás material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	84	53.43	4488.12
5.5	m	Tubo rígido de PVC de <b>50 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluida excavación de la zanja, relleno zanja, cinta de señalización, arena de rio para asiento y demás material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	37	45.67	1689.79
				<b>SUBTOTAL</b>	13280.86€

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
5.6	Ud.	<b>Arqueta troncopiramidal</b> de 1m x1m de base y 1m de profundidad a construir con ladrillo macizo con enlucido de cemento, cierre con marco y tapa de fundición de 0.6m x 0.6m. Incluido todo el material auxiliar para la construcción y puesta en servicio.	7	279.23	1954.61
				<b>SUBTOTAL</b>	1954.61€

## 5.1 TUBOS Y CANALIZACIONES. INSTALACIONES INTERIORES.

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
5.1	m	Tubo flexible corrugado de poliamida libre de halógenos de <b>16 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluido material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	375	4.32	1620
5.2	m	Tubo flexible corrugado de poliamida libre de halógenos de <b>20 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluido material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	215	11.56	2485.4
5.3	m	Tubo flexible corrugado de poliamida libre de halógenos de <b>25 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluido material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	885	14.14	12513.9
5.4	m	Tubo flexible corrugado de poliamida libre de halógenos de <b>32 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluido material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	475	17.43	8279.25
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>24898.55€</b>

## 6. INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
6.1	Ud.	Interruptor automático <b>NSX630</b> (630A regulable, 50KA, 4P, Curva regulable) <b>Ref: LV432894</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	3582.24	3582.24
6.2	Ud.	Interruptor automático <b>NSX160</b> (160A regulable, 36KA, 4P, Curva regulable) <b>Ref: LV430889</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	6	1541.21	9247.26
6.3	Ud.	Interruptor automático <b>C60H</b> (63A, 15KA, 4P, Curva C) <b>Ref: 25019</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	128.89	128.89
6.4	Ud.	Interruptor automático <b>C60H</b> (25A, 15KA, 4P, Curva D) <b>Ref: 25219</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	2	155.62	311.24
6.5	Ud.	Interruptor automático <b>NSX400</b> (400A regulable, 50KA, 3P, Curva regulable) <b>Ref: LV432685</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	2794.66	2794.66
6.6	Ud.	Interruptor automático <b>C120H</b> (16A, 15KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 18428</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	214.24	214.24
6.7	Ud.	Interruptor automático <b>C120H</b> (25A, 15KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 18430</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	4	225.93	903.72
6.8	Ud.	Interruptor automático <b>C120H</b> (32A, 15KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 18431</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	229.86	689.58
6.9	Ud.	Interruptor automático <b>C120H</b> (32A, 15KA, 2P, Curva B) <b>Ref: 18409</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	109.94	329.82
6.10	Ud.	Interruptor automático <b>C60H</b> (0.5A, 15KA, 2P, Curva C) <b>Ref: 24902</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	88.32	264.96
6.11	Ud.	Interruptor automático <b>C60H</b> (50A, 15KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 24758</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	244.25	244.25
6.12	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (10A, 10KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 24102</b> de la marca Schneider Electric.	2	122.97	245.94

		Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.			
6.13	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (25A, 10KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 24105</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	129.07	387.21
6.14	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (32A, 10KA, 4P, Curva B) <b>Ref : 24106</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	139.47	418.41
6.15	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (32A, 10KA, 2P, Curva B) <b>Ref: 24080</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	4	64.69	258.76
6.16	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (0,5A, 10KA, 2P, Curva C) <b>Ref: 24068</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	115.4	346.2
6.17	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (20A, 10KA, 2P, Curva B) <b>Ref: 24078</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	59.97	179.91
6.18	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (6A, 10KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 24101</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	130.87	392.61
6.19	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (2A, 10KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 24098</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	188.81	188.81
6.20	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (10A, 10KA, 2P, Curva B) <b>Ref: 24076</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	5	57.11	285.55
6.21	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (50A, 10KA, 2P, Curva B) <b>Ref: 24082</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	2	151.37	302.74
6.22	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (40A, 10KA, 2P, Curva B) <b>Ref: 24081</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	4	82.15	328.6
6.23	Ud.	Interruptor automático <b>C60N</b> (2A, 6KA, 4P, Curva B) <b>Ref: 24072</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	102.14	102.14
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>22147.74€</b>

## 7. INTERRUPTORES DIFERENCIALES

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
7.1	Ud.	Diferencial Compact <b>NSX160</b> (160A, 300mA, 4P) <b>Ref: LV429221</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	2	990.83	1981.66
7.2	Ud.	Diferencial Compact <b>NSX400</b> (400A, 300mA, 4P) <b>Ref: LV432455</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	1787.44	1787.44
7.3	Ud.	Diferencial <b>Clase AC</b> (63A, 300mA, 4P) <b>Ref: 23049</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	296.64	296.64
7.4	Ud.	Diferencial <b>Vigi C60 Clase AC</b> (25A, 300mA, 4P) <b>Ref: 26533</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	163.91	163.91
7.5	Ud.	Diferencial <b>Clase AC</b> (63A, 30mA, 2P) <b>Ref: 23047</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	4	587.17	2348.68
7.6	Ud.	Diferencial <b>Clase AC</b> (40A, 30mA, 4P) <b>Ref: 23042</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	4	276.03	1104.12
7.7	Ud.	Diferencial <b>Clase AC</b> (25A, 30mA, 4P) <b>Ref: 23038</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	6	265.91	1595.46
7.8	Ud.	Diferencial <b>Clase AC</b> (40A, 30mA, 2P) <b>Ref: 23014</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	3	153.06	459.19
7.9	Ud.	Diferencial <b>Clase AC</b> (25A, 30mA, 2P) <b>Ref: 23009</b> de la marca Schneider Electric. Incluido material auxiliar. Totalmente instalado.	1	148.87	148.87
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>9885.97€</b>

## 8. TOMAS DE CORRIENTE

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
8.1	Ud.	<b>Toma de corriente F+N+TT</b> , 16A, 230V. Totalmente instalada y puesta en servicio.	94	18.78	1765.32
8.2	Ud.	<b>Toma de corriente FFF+N+TT</b> , 16A, 400v. Totalmente instalada y puesta en servicio.	36	32.65	1175.4
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2940.72€</b>

## 9. CUADROS

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
9.1	Ud.	<b>Caja Uriarte Bres 54</b> de Polyester, grado protección IP-66. Incluido accesorios necesarios para su instalación y totalmente ensamblada e instalada.	1	238.39	238.39
9.2	Ud.	<b>Caja Uriarte CA 66</b> de poliamida, tapa de policarbonato, grado de protección IP-66. Incluido accesorios necesarios para su instalación y totalmente ensamblada e instalada.	2	171.22	342.44
9.3	Ud.	<b>Caja Uriarte CA 64</b> de poliamida, tapa de policarbonato, grado de protección IP-66. Incluido accesorios necesarios para su instalación y totalmente ensamblada e instalada.	1	132.44	132.44
9.4	Ud.	<b>Caja Uriarte CA 33</b> de poliamida, tapa de policarbonato, grado de protección IP-66. Incluido accesorios necesarios para su instalación y totalmente ensamblada e instalada.	2	87.98	175.96
				<b>SUBTOTAL</b>	889.23€

## 10. PUESTA A TIERRA

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL(€)
10.1	Ud.	<b>Pica</b> de acero recubiertas de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud. Incluido movimiento de tierras. Totalmente instalada.	16	25.51	408.16
10.2	m	Conductor de cobre desnudo de <b>50 mm<sup>2</sup></b> . Incluido movimiento de tierras. Totalmente instalado.	240	34.75	8340
10.3	m	Tubo rígido de <b>PVC de 110 mm</b> de diámetro de la marca Pensa. Incluido movimiento de tierras, material auxiliar de instalación y totalmente instalado.	6	54.65	327.9
				<b>SUBTOTAL</b>	9076.06€

## 11. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
11.1	Ud.	<b>Edificio de transformación</b> de dimensiones 2380x5000x3045mm para albergar en su interior un <b>transformador de 400 KVA</b> y la aparamenta necesaria tanto en MT como en BT. Paredes de bloque y hormigón, solera realizada con mallazo metálico y hormigón con foso para entrada y salida de conductores bajo celdas, incluido conducto entre fosa y transformador para cable de MT y foso para recogida de aceite del transformador. Con una puerta peatonal de dimensiones 900x2100 y una puerta de doble hoja para transformador con dimensiones 1260x2100mm. Incluida rejilla metálica de ventilación (1 entrada de dimensiones 1100x1000 y otra de salida de dimensiones 1300x1000). Incluido rejilla metálica de separación para el transformador. Totalmente construido y conexionado.	1	11450	11450
11.2	Ud.	<b>Celda de entrada. Celda de línea</b> CGMCOSMOS-L de Ormanazabal de dimensiones 735x365x1740. Con interruptor seccionador (SF6), seccionador de puesta a tierra (SF6), juego de barras tripolar, indicador de presencia de tensión, palancas de accionamiento, aisladores de apoyo y embarrado de puesta a tierra. Totalmente instalada y conexionada.	1	2480.50	2480.50
11.3	Ud.	<b>Celda de protección. Celda de línea</b> CGMCOSMOS-P de Ormanazabal de dimensiones 735x470x1740. Con interruptor seccionador (SF6) equipado con bobina de disparo, seccionador de puesta a tierra (SF6), juego de barras tripolar, tres fusibles limitadores de 24KV y 40A, indicador de presencia de tensión, palancas de accionamiento, aisladores de apoyo y embarrado de puesta a tierra. Totalmente instalada y conexionada.	1	3309.52	3309.52
11.4	Ud.	<b>Celda de medida. Celda de línea</b> CGMCOSMOS-M de Ormanazabal de dimensiones 800x1025x1740. Preparada para instalar tres transformadores de tensión y tres transformadores de intensidad unipolares. Juego de barras tripolar. Incluso tres transformadores de medida de tensión y tres transformadores de medida de intensidad. Totalmente instalada y conexionada.	1	5763.65	5763.65



11.5	Ud.	<b>Cuadro de contadores HIMEL</b> , modelo PLA-735 AT/ID, de dimensiones 750x500x320. Con regleta de verificación normalizada por la compañía suministradora, contador de energía activa y reactiva. Totalmente instalado y conexionado.	1	1470.8	1470.8
11.6	Ud.	<b>Transformador trifásico</b> sumergido en aceite mineral según la norma UNE21-320/5 IEC 296, de la casa Ormanazabal. <b>Relación de transformación 13200/400 V</b> , aislamiento 24KV, grupo de <b>conexión Dyn11</b> . Incluso cable unipolar seco de 3x50 mm2 a celda de medida. Incluso terminales de interior 12/20 KV de 50 mm2 y demás material de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	9130.55	9130.55
				<b>SUBTOTAL</b>	33605.02

## 12. BATERÍA DE CONDENSADORES

REF.	UNIDAD	CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
12.1	Ud.	Batería de condensadores automática <b>Cisar Serie 500 de 175 KVar</b> con escalonamiento (3x25 + 2x50). Totalmente instalada y conexionada.	1	4850.95	4850.95
				<b>SUBTOTAL</b>	4850.95

### 13. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1. Alumbrado interior	18833.88 €
2. Alumbrado exterior	11334.41 €
3. Alumbrado de emergencia	4702.59 €
4. Cables	54310.2 €
5. Tubos y canalizaciones	40134.02 €
6. Interruptores automáticos	22147.74 €
7. Interruptores diferenciales	9885.97 €
8. Tomas de corriente	2940.72 €
9. Cuadros	889.23 €
10. Puesta a tierra	9076.06 €
11. Centro de transformación	33605.02 €
12. Batería de condensadores	4850.95 €

**TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL** **212710,79 €**

El total de ejecución material asciende a DOSCIENTOS DOCEMIL SETECIENTOS DIEZ euros, con SETENTA Y NUEVE céntimos.

13% Gastos generales	27652.40 €
6% Beneficio industrial	12762.65 €

**TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA** **253125.84 €**

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a QUINIENTOS SEIS MIL SETECIENTOS OCHENTA euros, con VENTISIETE céntimos.

3,5% Honorarios proyectista	7444.90 €
3,5% Honorarios dirección de obra	7444.90 €



**TOTAL PRESUPUESTO (SIN IVA) 268015.64 €**

El presupuesto general, SIN IVA, asciende a la cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL QUINCE euros, con SESENTA Y CUATRO céntimos.

18% IVA 48242,82 €

**TOTAL PRESUPUESTO (CON IVA) 316258.46 €**

El presupuesto general, CON IVA, asciende a la cantidad de TRESCIENTOS DIECISEIS MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y OCHO euros, con CUARENTA Y SEIS céntimos.

Pamplona, Noviembre de 2011  
Oscar Pardiñas García



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ELÉCTRICA

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA COMPRAVENTA DE  
AUTOMÓVILES

## **DOCUMENTO 6: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Oscar Pardiñas García

Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, Noviembre 2011



## INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN JURÍDICA	2
2. CENTRO DE TRABAJO	2
3. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA PROYECTADA	3
4. INFORMACIÓN PREVIA A LA REALIZACIÓN DE LA OBRA	3
5. FASES DE OBRA CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	3
6. RELACIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y TECNICOS PREVISTOS CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	5
6.1. Maquinaria.	5
6.2. Medios de transporte.	5
6.3. Medios auxiliares.	6
6.4. Herramientas.	6
7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS	7
7.1. Protecciones colectivas.	7
7.1.1. Generales.	7
7.1.2. Protecciones colectivas particulares a cada fase de obra.	11
7.2. Equipos de protección individual (EPI).	16
7.3. Protecciones especiales.	18
7.3.1. Generales.	18
7.3.2. Protecciones especiales particulares a cada fase de obra.	19
7.4. Normativa a aplicar en las fases de estudio.	23
7.4.1. Normativa general.	23
7.4.2. Protecciones personales.	25
7.4.3. Manipulación manual de cargas.	25
7.4.4. Manipulación de cargas con la grúa.	26
7.4.5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deberán aplicarse en las obras	27
7.5. Mantenimiento preventivo.	42
7.5.1. Vías de circulación y zonas peligrosas.	42
7.5.2. Mantenimiento de la maquinaria y equipos.	43
7.5.3. Mantenimiento preventivo general.	43
7.5.4. Mantenimiento preventivo particular a cada fase de obra.	44
7.6. Vigilancia de la salud y primeros auxilios en la obra.	46
7.7. Obligaciones del empresario en materia formativa antes de iniciar los trabajos	48
8. LEGISLACIÓN ESPECÍFICA	49



## 1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN JURÍDICA

El Real Decreto 1627/1997 exige la realización de una documentación referente a los aspectos sobre la seguridad de la obra que se vaya a ejecutar.

En cumplimiento de las prescripciones del referido Reglamento corresponde realizar para la obra que nos ocupa un Estudio Básico de Seguridad, en virtud del artículo 4.2 del citado Real Decreto. Este estudio básico recoge las normas de seguridad aplicables a la obra, con identificación de los riesgos que pueden estar presentes así como las medidas técnicas dispuestas en orden a su disminución. Se incluye asimismo la relación de equipos para la realización de trabajos posteriores que pudieran ser previsibles.

Este estudio de seguridad establece, durante la ejecución de los trabajos de la unidad de obra citada, las previsiones respecto a la prevención de riesgos y accidentes profesionales.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa instaladora (y sus contratistas si los hubiere) para llevar a término sus obligaciones en materia de prevención de los riesgos laborales, facilitando el desarrollo de las obras bajo el control de la Dirección Técnica de la misma consonancia con lo exigido por el Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre.

Si se contratara alguna empresa auxiliar para el desarrollo de los trabajos, el adjudicatario de las obras es responsable solidario con la principal de cualquier incumplimiento en esta materia (artículo 42.2 de la Ley 31/95, de prevención de Riesgos Laborales).

## 2. CENTRO DE TRABAJO

Situación:

Municipio de Olza, polígono 2, parcela 739, Población de Arazuri

Promotor:

Proyecciones Pardiñas S.L.  
Polígono industrial Cordovilla, calle P, parcela 1984  
Galar (Navarra)



### 3. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA PROYECTADA

Instalación:

Instalación en baja tensión para una compraventa de automóviles dedicado a la venta y reparación de vehículos.

Ejecución:

Plazo: 1 mes.

Trabajadores: Se prevé de la existencia de 10 trabajadores simultáneamente.

Edificaciones próximas: Otras naves industriales.

Infraestructuras: Se dispone de acceso rodado, abastecimiento de agua, saneamiento y suministro eléctrico.

### 4. INFORMACIÓN PREVIA A LA REALIZACIÓN DE LA OBRA

Límites del centro:

El centro de trabajo se ciñe a los señalados en los puntos anteriores.

Servicios:

Vestuarios en caseta prefabricada de obras.

Retretes, lavabos y duchas en caseta prefabricada de obra.

Botiquín primeros auxilios.

Conducciones:

Se desconoce la existencia de servicios subterráneos que afecten a la instalación proyectada (gas natural, red de alta tensión, baja tensión, agua, etc.)

### 5. FASES DE OBRA CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Durante la ejecución de los trabajos se plantea la realización de las siguientes fases de obra con identificación de los riesgos que conllevan.

- Instalación eléctrica
  - Proyecciones de objetos y/o fragmentos
  - Aplastamientos
  - Atrapamientos

- Atropellos y/o colisiones
  - Caída de objetos y/o de máquinas
  - Caídas de personas a distinto nivel
  - Caídas de personas al mismo nivel
  - Contactos eléctricos directos
  - Contactos eléctricos indirectos
  - Cuerpos extraños en ojos
  - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
  - Pisada sobre objetos punzantes
  - Sobreesfuerzos
  - Vuelco de máquinas y/o camiones
- Compactación y consolidación de terrenos
    - Proyecciones de objetos y/o fragmentos
    - Ambiente sucio y polvoriento
    - Aplastamientos
    - Atropellos y/o colisiones
    - Caídas de personas a distinto nivel
    - Caídas de personas al mismo nivel
    - Cuerpos extraños en ojos
    - Desprendimientos y/o hundimientos
    - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
    - Vuelco de máquinas y/o camiones
- Demolición mecánica
    - Afecciones en la piel por dermatitis de contacto
    - Proyecciones de objetos y/o fragmentos
    - Ambiente sucio y polvoriento
    - Aplastamientos
    - Atrapamientos
    - Atropellos y/o colisiones
    - Caídas de personas a distinto nivel
    - Caídas de personas al mismo nivel
    - Cuerpos extraños en ojos
    - Desprendimientos y/o hundimientos
    - Pisada sobre objetos punzantes
    - Vibraciones
    - Sobreesfuerzos
    - Nivel elevado de ruido
- Excavación mecánica de zanjas
    - Ambiente sucio y polvoriento
    - Aplastamientos
    - Atrapamientos
    - Atropellos y/o condiciones



- Caídas de personas a distinto nivel
- Caídas de personas al mismo nivel
- Contactos eléctricos indirectos
- Cuerpos extraños en los ojos
- Derrumbamientos y/o hundimientos
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria
- Sobreesfuerzos
- Nivel elevado de ruido
- Vuelco de máquinas y/o camiones

## **6. RELACIÓN DE MEDIOS HUMANOS Y TÉCNICOS PREVISTOS CON IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

Se describen a continuación los medios humanos y técnicos que se prevé utilizar para el desarrollo de la ejecución de este proyecto.

De conformidad con lo indicado en el Real Decreto 1627/97 de 24/10/97 se identifican los riesgos inherentes a tales medios técnicos.

### **6.1. MAQUINARIA**

- Camión con caja basculante
- Camión grúa
- Camión hormigonera
- Cizalla
- Compresor
- Cortadora de pavimento
- Grupo electrógeno
- Hormigonera
- Niveladora motorizada
- Retroexcavadora

### **6.2. MEDIOS DE TRANSPORTE**

- Carretilla manual
- Cuerdas de izado, eslingas
- Ternaes, trócolas, poleas, cuerdas de izado, polipastos y estorbos

### 6.3. MEDIOS AUXILIARES

- Cestas de trabajo
- Detector de conducciones eléctricas y metálicas
- Escaleras de mano
- Letreros de advertencia a terceros
- Pasarelas para vías de circulación
- Pasarelas para vías de paso
- Señales de seguridad, vallas y balizas de advertencia e indicación de riesgos
- Trócolas y ternaes
- Útiles y herramientas accesorias

### 6.4. HERRAMIENTAS

- Herramientas de combustión
  - Compactador manual
  - Soplete de butano ó propano
- Herramientas eléctricas
  - Analizador portátil (Polímero, Telurómetro, etc.)
  - Compresor
  - Taladradora
- Herramientas hidroneumáticas
  - Martillo picador neumático
- Herramientas manuales
  - Bolsa porta herramientas
  - Brochas, pinceles, rodillos
  - Caja completa de herramientas mecánicas
  - Caja completa de herramientas homologadas
  - Capazo, cesto carretero, espuerta, carretilla de mano, carro chino
  - Cizalla cortacables
  - Cuerda de servicio
  - Destornilladores, punzones y berbiqués
  - Macetas, cinces, escorpis, punteros y escarpas
  - Nivel, regla, escuadra y plomada
  - Pelacables
  - Tenazas, martillos, alicates
  - Ternaes, trócolas y poleas
  - Tijeras

## 7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS

### 7.1. PROTECCIONES COLECTIVAS

#### 7.1.1. GENERALES

##### 7.1.1.1. SEÑALIZACIÓN

El Real Decreto 485/1997, de 14 abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinado medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

▪ Tipos de señales:

- En forma de panel:

*Señales de advertencia:*

Forma: Triangular

Color de fondo: Amarillo

Color de contraste: Negro

Color de símbolo: Negro

*Señales de prohibición:*

Forma: Redonda

Color de fondo: Blanco

Color de contraste: Rojo

Color de símbolo: Negro

*Señales de obligación:*

Forma: Redonda

Color de fondo: Azul

Color de símbolo: Blanco

*Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:*

Forma: Rectangular o cuadrada  
Color de fondo: Rojo  
Color de símbolo: Blanco

*Señales de salvamento o socorro:*

Forma: Rectangular o cuadrada  
Color de fondo: Verde  
Color de símbolo: Blanco

- *Cinta de señalización:*

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

- *Cinta de delimitación de zona de trabajo:*

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

### **7.1.1.2. PROTECCIÓN DE PERSONAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

La instalación eléctrica se ajustará al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y hojas de interpretación, certificada por un instalador autorizado.

En aplicación de lo indicado en el apartado 3º del Anexo al Real Decreto 1627/97 de 24/10/97, la instalación eléctrica deberá satisfacer, además las dos siguientes condiciones:

- Deberá proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañe peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
- El proyecto, la realización y elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

- Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque. Los blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.
- Continuidad de la *toma de tierra* en líneas de suministro interno de obra con un *valor máximo de la resistencia de 80 ohmios*. Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.
- Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidas por fusibles blindados o *interruptores magnetotérmicos* y disyuntores *diferenciales* de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.
- Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión:  $3,3 + \text{Tensión (en KV)}/100$  (ante el desconocimiento del voltaje de la línea, se mantendrá la distancia de seguridad de 5 metros).

#### 7.1.1.3. SEÑALES ÓPTICO ACÚSTICAS DE VEHÍCULOS DE OBRA

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, Anexo IV del Real Decreto 485/97 de 14/4/97.
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de maniobra marcha atrás, Anexo I del Real Decreto 1215/97 de 18/7/97.
- Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.
- Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (lamas, conos, cintas, lámparas destellantes, etc.).

#### 7.1.1.4. APARATOS ELEVADORES

Deberán ajustarse a su normativa específica, pero en cualquier caso, deberán satisfacer las condiciones siguientes (artículo 6c del Anexo IV del Real Decreto 1627/97):

- Todos sus accesorios serán de buen diseño y construcción, teniendo resistencia adecuada para el uso al que estén destinados.
- Instalarse y usarse correctamente.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido formación adecuada.
- Presentarán de forma visibles, indicación sobre la carga máxima que puedan soportar.
- No podrán utilizarse para fines diferentes de aquellos a los que estén destinados.

Durante la utilización de los mencionados aparatos elevadores, con el fin de garantizar la seguridad de los trabajadores, deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos:

- Seguridad de carga máxima: Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cabestrante de elevación, es decir, por la carga nominal del pie de flecha.

Normalmente van montadas en pie de flecha o contraflecha y están formados por arandelas tipo “Schr”, accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microinterruptor que impide la elevación de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia delante.

Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10%.

- Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación: Consiste en dos microinterruptores, que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descenso del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De esta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.

Normas de carácter general en el uso de aparatos elevadores:

- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Las eslingas llevarán estampilladas en los casquillos prensados la identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.
- En las fases de transporte y colocación de los encofrados, en ningún momento los operarios estarán debajo de la carga suspendida. La carga deberá estar bien repartida y las eslingas o cadenas que la sujetan deberán tener argollas ó ganchos con pestillo de seguridad. Deberá tenerse en cuenta lo indicado en el apartado 3 de anexo II del Real Decreto 1215/97 de 18/7/97.
- El gruista antes de iniciar los trabajos, comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los limitadores de giro, si los hubiera.
- Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección técnica de la obra o al Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.
- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.
- No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.

## **7.1.2. PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA**

### **7.1.2.1. PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA DE PERSONAS U OBJETOS**

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el anexo II del Real Decreto 1627/97 de 24/10/97 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.6 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas.

- Pasarelas:

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas. Serán preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria: La plataforma será capaz de resistir 300 Kg de peso y estará dotada de guirnaldas de iluminación nocturna, si se encuentra afectando a la vía pública.

- Escaleras portátiles

Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas.

Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, de no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.

Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera a utilizar, en función de la tarea que esté destinada y se asegurará su estabilidad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas.

#### **7.1.2.2. ACCESOS Y ZONAS DE PASO PERSONAL, ORDEN Y LIMPIEZA**

Las aperturas de huecos horizontales sobre forjados, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallado electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo “seta” o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar entre ellos.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas.

#### **7.1.2.3. ESLINGAS DE CADENA**

El fabricante deberá certificar que disponen de un factor de seguridad 5 sobre su carga nominal máxima y que los ganchos son de alta seguridad (pestillo de cierre



automático al entrar en carga). El alargamiento de un 5% de un eslabón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

#### **7.1.2.4. ESLINGA DE CABLE**

A la carga nominal máxima se aplica un factor de seguridad 6, siendo su tamaño y diámetro apropiado al tipo de maniobras a realizar, las gazas estarán protegidas por guardacabos metálicos fijados mediante casquillos prensados y los ganchos serán también de alta seguridad. La rotura del 10% de los hilos de un segmento superior a 8 veces el diámetro del cable o la rotura de un cordón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

#### **7.1.2.5 CABINA DE LA MAQUINARIA DE MOVIMIENTO DE TIERRAS**

Todas estas máquinas deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica, pero en cualquier caso deben satisfacer las condiciones siguientes (apartado 7c del Anexo IV del Real Decreto 1627/97 del 24/10/97):

- Estar bien diseñados y contruïdos, teniendo en cuenta los principios ergonómicos.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Utilizarse correctamente.
- Los conductores han de recibir formación especial.
- Adoptarse las medidas oportunas para evitar su caída en excavaciones o en el agua.
- Cuando sea adecuado, las máquinas dispondrán de cabina o pórtico de seguridad resguardando el habitáculo del operador, dotada de perfecta visión frontal y lateral, estando provista permanentemente de cristales o rejillas irrompibles, para protegerse de la caída de materiales. Además dispondrán de una puerta a cada lado.

#### **7.1.2.6. CONDICIONES GENERALES EN TRABAJOS DE EXCAVACIÓN Y ATALUZADO**

Los trabajos con riesgos de sepultamiento o hundimiento son considerados especiales por el Real Decreto 1627/97 Anexo II y por ello debe constar en este estudio de Seguridad y Salud el catálogo de medidas preventivas específicas.

- Topes para vehículos en el perímetro de la excavación:

Se dispondrá de los mismos a fin de evitar la caída de los vehículos al interior de zanjas o por las laderas.

- Ataluzado natural de las paredes de excavación:

Como criterio general se podrán seguir las siguientes directrices en la realización de taludes con bermas horizontales por cada 1,50 metros de profundidad y con la siguiente inclinación:

Roca dura: 80°

Arena fina o arcillosa: 20°

La inclinación del talud se ajustará a los cálculos de la Dirección Facultativa de la obra, salvo cambio de criterio avalado por documentación Técnica Complementaria.

El aumento de la inclinación y el drenado de las aguas pueden afectar a la estabilidad del talud y a las capas de superficie del mismo, garantizan su comportamiento.

Se evitará, a toda costa, amontonar productos procedentes de la excavación, en los bordes de los taludes ya que, además de la sobrecarga que puedan representar, pueden llegar a embalsar aguas originando filtraciones que pueden arruinar el talud.

En taludes de alturas de más de 1,50 metros se deberán colocar bermas horizontales de 50 ó 80 cm de ancho, para la vigilancia y alojar las conducciones provisionales o definitivas de las obras.

La coronación del talud debe tratarse como una berma, dejando expedito el paso o incluso disponiendo tableros de madera para facilitarlos.

En taludes de grandes dimensiones, se habrá previsto la realización en su base, de cuentones rellenos de grava suelta o canto de río de diámetro homogéneo, para retención de rebotes de materiales desprendidos, o alternativamente si, por cuestión del espacio disponible, no pudieran realizarse aquellos, se apantallará la parábola teórica de los rebotes o se dispondrá un túnel isostático de defensa.

- Barandillas de protección:

En huecos verticales de coronación de taludes, con riesgo de caída de personas u objetos desde alturas superiores a 2 metros, se dispondrán barandillas de seguridad completas empotradas sobre el terreno, constituidas por balaustre vertical homologado o certificado por el fabricante respecto a su idoneidad en

las condiciones de utilización por él descritas, pasamanos superior situado a 90 centímetros sobre el nivel del suelo, barra horizontal o listón intermedio (subsidiariamente barrotes verticales o mallazo con una separación máxima de 15 centímetros) y rodapié o plinto de 20 cm sobre el nivel del suelo, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí, y de resistencia suficiente.

Los taludes de más de 1,50 metros de profundidad, estarán provistas de escaleras preferentemente excavados en el terreno o prefabricadas portátiles, que comuniquen cada nivel inferior con la berma superior, disponiendo una escalera por cada 30 metros de talud abierto o fracción de este valor.

Las bocas de los pozos y arquetas, deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con dependencia de su profundidad.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas, preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 kg de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de coronación del talud igual o superior a la mitad de su profundidad (multiplicada por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 cm.

El acopio y estabilidad de los elementos prefabricados (p.e. canaletas de desagüe) deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para la puesta en obra de dichos elementos.

La madera a utilizar estará clasificada según usos y limpia de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada, altura máxima de la pila (sin tabloneros estacados y arriostrados lateralmente): 1 m.

- Cuerda de retenida:

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente el canal de derrame del hormigón, en su aproximación a la zona de vertido, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabrotada de 12 mm de diámetro, como mínimo.

- Sirgas:

Sirgas de desplazamiento y anclaje del cinturón de seguridad.  
Variables según los fabricantes y dispositivos de anclaje utilizados.

### 7.1.2.7. PREVENCIÓN DE INCENDIOS, ORDEN Y LIMPIEZA

Si las zanjas o pozos entran en contacto con zonas que albergan o transportan sustancias de origen orgánico o industrial, deberán adoptarse precauciones adicionales respecto a la presencia de residuos tóxicos, combustibles, deflagrantes, explosivos o biológicos.

La evacuación rápida del personal interior de la excavación debe quedar garantizada por la retirada de objetos en el fondo de la zanja, que puedan interrumpir el paso.

Las zanjas de más de 1,30 metros de profundidad, estarán provistas de escaleras preferentemente de aluminio, que rebase 1 metro sobre el nivel de este valor, que deberá estar correctamente arriostrada transversalmente.

Las bocas de los pozos deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

### 7.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

- Afecciones en la piel por dermatitis de contacto:
  - Guantes de protección frente a abrasión
  - Guantes de protección frente a agentes químicos
- Quemaduras físicas y químicas:
  - Guantes de protección frente a abrasión
  - Guantes de protección frente a agentes químicos
  - Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Protecciones de objetos y/o fragmentos:
  - Calzado con protección contra golpes mecánicos
  - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
  - Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Ambiente sucio y polvoriento
  - Equipos de protección de las vías respiratorias con filtro mecánico
  - Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
- Aplastamientos
  - Calzado con protección contra golpes mecánicos
  - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos

- **Atmósfera anaeróbica (con falta de oxígeno) producida por gases inertes:**
  - Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado
- **Atmósfera tóxica, irritante:**
  - Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado
  - Gafas de seguridad para uso básico (choque o impacto con partículas sólidas)
  - Impermeables, trajes de agua
  - Mascarilla respiratoria de filtro para humos de soldadura
  - Pantalla facial abatible con visor de rejilla metálica, con atalaje adaptado al casco
- **Atrapamientos:**
  - Calzado con protección contra golpes mecánicos
  - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
  - Guantes de protección frente a abrasión
- **Caída de objetos y/o máquinas:**
  - Bolsa portaherramientas
  - Calzado con protección contra golpes mecánicos
  - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
- **Caídas a distinto nivel:**
  - Cinturón de seguridad anticaídas
  - Cinturón de seguridad para trabajos de poda o postes
- **Contactos eléctricos directos:**
  - Calzado con protección contra descargas eléctricas
  - Casco protector de la cabeza contra riesgos eléctricos
  - Gafas de seguridad contra arco eléctrico
  - Guantes dieléctricos
- **Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria**
  - Bolsa portaherramientas
  - Calzado con protección contra golpes mecánicos
  - Casco protector de la cabeza contra riesgos mecánicos
  - Chaleco reflectante para señalistas y estrobadores
  - Guantes de protección frente a abrasión
- **Pisada sobre objetos punzantes:**
  - Bolsa portaherramientas
  - Calzado de protección con suela antiperforante
- **Nivel alto de ruido:**
  - Protectores auditivos

## **7.3. PROTECCIONES ESPECIALES**

### **7.3.1. GENERALES**

#### **7.3.1.1. CIRCULACIÓN Y ACCESOS EN LA OBRA**

Se estará de acuerdo a lo indicado en el artículo 11 A del Anexo IV del Real Decreto 1627/97 de 24/10/97 respecto a vías de circulación y zonas peligrosas.

Los accesos de vehículos deben ser distintos de los de personal, en el caso de que se utilicen los mismos se debe dejar un pasillo para el paso de personas protegido mediante vallas.

En ambos casos los pasos deben de ser superficies regulares, bien compactados y nivelados, si fuese necesario realizar pendientes se recomienda que estas no superen un 11% de desnivel. Todas estas vías estarán debidamente señalizadas y periódicamente se procederá a su control y mantenimiento. Si existieran zonas de acceso limitado deberán estar equipadas con dispositivos que eviten el paso de los trabajadores no autorizados.

El paso de vehículos en el sentido de entrada se señalizará con limitación de velocidad a 10 ó 20 km/h y ceda el paso. Se obligará la detención con una señal de STOP en un lugar visible del acceso en sentido de salida.

En las zonas donde se prevé que puedan producirse caídas de personas o vehículos deberán ser balizadas y protegidas conscientemente.

Las maniobras de camiones y/o hormigoneras deberán ser dirigidas por un operario competente, y deberán colocarse topes para las operaciones de aproximación y vaciado.

El grado de iluminación natural será suficiente y en el caso de luz artificial (durante la noche o cuando no sea suficiente la luz natural) la intensidad será la adecuada, citada en otro lugar de estudio.

En su caso se utilizarán portátiles con protección antichoques. Las luminarias estarán colocadas de manera que no supongan riesgos de accidentes para los trabajadores (art. 9).

Si los trabajadores estuvieran especialmente sometidos a riesgos en caso de avería eléctrica, se dispondrá de seguridad de intensidad suficiente.

#### **7.3.1.2. PROTECCIONES Y RESGUARDOS DE MÁQUINAS**

Toda la maquinaria utilizada durante la obra, dispondrá de carcasas de protección y resguardos sobre las partes móviles, especialmente de las transmisiones, que impidan el acceso involuntario de personas u objetos a dichos mecanismos, para evitar el riesgo de atrapamiento.

### 7.3.1.3. PROTECCIÓN CONTRA LOS CONTACTOS ELÉCTRICOS

- Protección contra *contactos eléctricos indirectos*:

Esta protección consistirá en la puesta a tierra de las masas de la maquinaria eléctrica asociada a un dispositivo *diferencial*.

El valor de la resistencia a tierra será tan bajo como sea posible, y como máximo será igual o inferior al cociente de dividir la tensión de seguridad (Vs), que en locales secos será de 50V y en los locales húmedos de 24V, por la sensibilidad en amperios del diferencial (A).

- Protecciones contra *contactos eléctricos directos*:

Los cables eléctricos que presenten defectos del recubrimiento aislante se habrán de reparar para evitar la posibilidad de contactos eléctricos con el conductor.

Los cables eléctricos deberán estar dotados de clavijas en perfecto estado a fin de que la conexión a los enchufes se efectúe correctamente.

En general cumplirán lo especificado en el presente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

### 7.3.2. PROTECCIONES ESPECIALES PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA

#### 7.3.2.1. CAÍDA DE OBJETOS

Se evitará el paso de personas bajo cargas suspendidas; en todo caso se acotarán las áreas de trabajo bajo las cargas citadas.

Las armaduras destinadas a los pilares se colgarán para su transporte por medio de eslingas bien enlazadas y provistas en sus ganchos de pestillo de seguridad.

Preferiblemente el transporte de materiales se realizará sobre baterías para impedir el corrimiento de la carga.

#### 7.3.2.2. CONDICIONES PREVENTIVAS DEL ENTORNO DE LA ZONA DE TRABAJO

Se comprobará que están bien colocadas las barandillas, horcas, redes, mallazo o ménsula que se encuentren en la obra, protegiendo la caída de altura de las personas en la zona de trabajo.

No se efectuarán sobrecargas sobre la estructura de los forjados, acopiando en el contorno de los capiteles de pilares, dejando libres las zonas de paso de personas y vehículos de servicio de la obra.

El apilado en altura de los diversos materiales se efectuará en función de la estabilidad que ofrezca el conjunto.

Los pequeños materiales deberán acopiarse a granel en bateas, cubiletes o bidones adecuados, para que no se diseminen por la obra.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable al operario, una provisión de palancas, cuñas, barras, puntales, picos, tablones, bridas, cables, ganchos y lonas de plástico.

Para evitar el uso continuado de la sierra circular en obra, se procurará que las piezas de pequeño tamaño y de uso masivo en obra (como cuñas por ejemplo), sean realizados en talleres especializados. Cuando haya piezas de madera que por sus características tengan que realizarse en obra con la sierra circular, esta reunirá los requisitos que se especifican en el apartado de protecciones colectivas.

Se dispondrá de un extintor de polvo polivalente junto la zona de acopio y corte.

#### **7.3.2.3. ACOPIO DE MATERIALES**

El abastecimiento de materiales sueltos a obra se debe tender a minimizar, remitiéndose únicamente a materiales de uso discreto.

Los soportes, canaletas, cerchas, máquinas, etc., se dispondrán horizontalmente, separando las piezas mediante tacos de madera que aíslen el acopio del suelo y entre cada una de las piezas.

Los acopios se realizarán sobre superficies niveladas y resistentes.

No afectarán a los lugares de paso.

En proximidad a lugares de paso se deben señalizar mediante cintas de señalización.

#### **7.3.2.4. CONDICIONES GENERALES DEL CENTRO DE TRABAJO EN EL ATALUZADO DE TERRENOS**

Se estará a lo señalado por el artículo 9c del Anexo IV del Real Decreto 1327/97, en lo que respecta a movimiento de tierras y excavaciones, fundamentalmente en lo relativo a detección de cables subterráneos y sistemas de distribución, en lo relativo a evitar el riesgo de sepultamiento y el de inundaciones por irrupción accidental del agua.



Las zonas en las que puedan producirse desprendimientos de rocas o árboles con raíces descarnadas, sobre personas, máquinas o vehículos, deberán ser señalizadas, balizadas y protegidas convenientemente. Los árboles, postes o elementos inestables deberán apuntalarse adecuadamente con tornapuntas y jacabalcones. Si fuera preciso, habría que establecer un sistema de iluminación provisional de las zonas de paso y trabajo.

En verano proceder al regado previo de las zonas de trabajo que puedan originar polvareda durante su remoción.

Los elementos estructurales inestables que puedan aparecer en el subsuelo deberán apearse y ser apuntalados adecuadamente, especialmente si se trata de construcciones de fábrica, mampuestos y argamasa o mortero u hormigón en masa.

Siempre que existan interferencias entre los trabajos de ataluzado y las zonas de circulación de peatones, máquinas o vehículos, se ordenarán y controlarán mediante personal auxiliar debidamente adiestrado, que vigile y dirija sus movimientos.

Se establecerá una zona de aparcamiento de vehículos y máquinas, así como un lugar de almacenamiento y acopio de materiales inflamables y combustibles (gasolina, lugar de almacenamiento, aceites, grasas, etc.) en lugar seguro de la zona de influencia de los trabajos.

No se dañaran las raíces críticas de las plantas, arbustos, árboles que hay que tener en cuenta para su conservación, protección y/o mantenimiento posterior.

Se mantendrán las zonas de paso para personas y vehículos así como los acopios de materiales de excavación dentro de las distancias adecuadas, indicadas más adelante.

#### **7.3.2.5. CONDICIONES GENERALES DEL CENTRO DE TRABAJO EN FASE DE DERRIBO**

Señala el artículo 12c del Anexo IV del Real Decreto 1627/97 que los trabajos de derribo o demolición que puedan suponer un riesgo para los trabajadores deberán estudiarse, planificarse y emprenderse bajo la supervisión de una persona competente y deberán adoptarse las precauciones, métodos y procedimientos apropiados, para ello.

Las zonas en las que puedan producirse desprendimiento o caída de materiales o elementos, procedentes del derribo, sobre personas, máquinas o vehículos, deberán ser señalizadas, balizadas y protegidas convenientemente.

Se deberá establecer un sistema de iluminación provisional de las zonas de paso y trabajo y las instalaciones interiores quedarán anuladas y desconectadas, salvo que fueran necesarias para realizar trabajos y protecciones.

Los elementos estructurales inestables deberán apearse y ser apuntalados adecuadamente.

Siempre que existan interferencias entre los trabajos de demolición y las zonas de circulación, máquinas o vehículos, se ordenarán y controlarán mediante personal auxiliar debidamente adiestrado, que vigile y dirija sus movimientos.

Se establecerá una zona de aparcamiento de vehículos y máquinas, así como un lugar de almacenamiento y acopio de materiales inflamables y combustibles (gasolina, gasoil, aceites, grasas, etc.) en un lugar seguro de la zona de influencia de los trabajos.

Se seleccionarán las plantas, arbustos y árboles que sea preciso tener en cuenta para su conservación, protección, traslado y/o mantenimiento posterior.

En función del uso que ha tenido la construcción a demoler deberán adoptarse precauciones adicionales (p.e. en presencia de residuos tóxicos, combustibles, deflagarantes, explosivos o biológicos),

#### **7.3.2.6. CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS EN LAS PROXIMIDADES DE LA EXCAVACIÓN**

Siempre que se prevea interferencia entre los trabajos de excavación y las zonas de circulación de peatones o vehículos, se ordenará y controlará por personal auxiliar debidamente adiestrado que vigile y dirija la circulación.

Estarán debidamente señalizadas las zonas de paso de los vehículos que deban acceder a la obra, tales como camiones, maquinaria de movimiento de tierras, mantenimiento o servicio. Siempre que sea previsible el paso de peatones o vehículos junto al borde de la excavación se dispondrán de vallas móviles que iluminarán cada 10 metros con puntos de luz portátil. En general las vallas acotarán no menos de un metro el paso de peatones y dos metros el de vehículos.

Se establecerán zonas de aparcamiento de vehículos y máquinas, así como un lugar para el acopio de materiales, teniendo en cuenta que los productos inflamables y combustibles, queden en un lugar fuera de las zonas de influencia de los trabajos.

Se presentarán especial atención a la preservación de plantas y arbustos que hay que tener en cuenta para su conservación, protección y posterior traslado.

#### **7.3.2.7. CONDICIONES DEL CENTRO DE TRABAJO DURANTE LA EXCAVACIÓN MECÁNICA**

Las zonas en que puedan producirse desprendimientos de rocas o árboles con raíces descarnadas, sobre personas, máquinas o vehículos, deberán ser señalizadas, balizadas y protegidas convenientemente. Los árboles, postes o elementos inestables deberán apuntalarse adecuadamente con tornapuntas y jabalcones.

En el invierno establecer un sistema de iluminación provisional de las zonas de paso y trabajo, disponiendo de arena y sal gorda sobre los charcos susceptibles de heladas.

En verano proceder al regado previo de las zonas de trabajo que puedan originar polvareda durante su remoción.

Siempre que las obras se lleven a cabo en zonas habilitadas o con tráfico próximo, se dispondrá a todo lo largo de la excavación, o en ambos lados de estas, vallas y pasos colocados a una distancia no superior a 50cm de los corte de excavación.

## **7.4. NORMATIVA A APLICAR EN LAS FASES DE ESTUDIO**

### **7.4.1. NORMATIVA GENERAL**

Exige el Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre la realización de este estudio de seguridad y salud que debe contener una descripción de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas preventivas adecuadas; relación de aquellos otros que no han podido evitarse conforme a lo señalado anteriormente, indicando las protecciones técnicas tendentes a reducir los y las medidas preventivas que los controlen. Han de tenerse en cuenta la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de usarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos. Tal es lo que manifiesta en el proyecto de obra al que acompaña este estudio de seguridad y salud.

Sobre la base de lo establecido en este estudio, se elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo (art.7 del citado Real Decreto) por el contratista en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra o realización de las alternativas que el contratista crea oportunas siempre que se justifiquen técnicamente y que tales cambios no impliquen la disminución de los niveles de prevención previstos. Dicho plan deberá ser aprobado por el coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución de las obras (o por la dirección facultativa si no fuese precisa la coordinación citada).

A tales personas compete la comprobación, a pie de obra, de los siguientes aspectos técnicos previos:

- Revisión de los planos de la obra o proyecto de instalaciones. Replanteo
- Maquinaria y herramientas adecuadas
- Medios de transporte adecuados al proyecto
- Elementos auxiliares precisos
- Materiales, fuentes de energía a utilizar
- Protecciones colectivas necesarias, etc.

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas.

- Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.
- Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición a riesgos innecesarios.
- El comienzo de los trabajos, sólo deberá acometerse cuando se disponga de todos los elementos necesarios para proceder a su asentamiento y delimitación definida de las zonas de influencia durante las maniobras, suministro de materiales así como el radio de actuación de los equipos en condiciones de seguridad para las personas y los restantes equipos.
- Se establecerá un plan para el avance de los trabajos, así como la retirada y acopio de la totalidad de los materiales empleados, en situación de espera.
- Ante la presencia de líneas de alta tensión tanto la grúa como el resto de la maquinaria que se utilice durante la ejecución de los trabajos guardarán la distancia de seguridad de acuerdo con lo indicado en el presente estudio.
- Se revisará todo lo concerniente a la instalación eléctrica comprobando su adecuación a la potencia requerida y el estado de conservación en el que se encuentra.
- Será debidamente cercada la zona en la cual pueda haber peligro de caída de materiales, y no se haya podido apantallar adecuadamente la previsible parábola de caída de material.

Como se indica en el Art.8 del Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre, los principios de prevención en materia de seguridad y salud que recoge el Art.15 de la ley de prevención de riesgos laborales, deberán ser tomados en consideración por el proyectista en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra y en particular al tomar las decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los diferentes trabajos y al estimar la duración prevista de los mismos. El coordinador en materia de seguridad y salud en fase de proyecto será el que coordine estas cuestiones.

Se efectuará un estudio en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable y necesario, prendas de protección individual tales como cascos, gafas, guantes, botas de seguridad homologadas, impermeables y otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer y evacuar a los operarios que puedan accidentarse.

El personal habrá sido instruido sobre la utilización correcta de los equipos individuales de protección, necesarios para la realización de su trabajo. En los riesgos puntuales y esporádicos de caída de altura, se utilizará obligatoriamente el cinturón de seguridad ante la imposibilidad de disponer de la adecuada protección colectiva u observarse vacíos respecto a la integración de la seguridad en el proyecto de ejecución.

Cita el artículo 10 del Real Decreto 1627/97 la aplicación de los principios de acción preventiva en las siguientes tareas o actividades:

- Mantenimiento de las obras en buen estado de orden y limpieza.
- Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso, la determinación de vías de paso y circulación.
- La manipulación de los diferentes materiales y medios auxiliares.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios con el objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y el acontecimiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los diferentes materiales, en particular los peligrosos.
- La recogida de materiales peligrosos utilizados.
- El almacenamiento y la eliminación de residuos y escombros.
- La adaptación de los diferentes tiempos efectivos a dedicar a las distintas fases del trabajo.
- La cooperación entre contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se desarrolle de manera próxima.

#### **7.4.2. PROTECCIONES PERSONALES**

Cuando los trabajos requieran la utilización de prendas de protección personal, éstas llevarán el sello –CE- y serán adecuadas al riesgo que tratan de paliar, ajustándose en todo a lo establecido en el Real Decreto 773/97 de 30 de mayo.

En el caso de que un trabajador tenga que realizar un trabajo esporádico en alturas superiores a 2 metros y no pueda ser protegido mediante protecciones colectivas adecuadas, deberá ir provisto de cinturón de seguridad homologado (de sujeción o anticaídas según proceda), en vigencia de utilización (no caducada), con puntos de anclaje no improvisados, sino previstos en el proyecto y en la planificación de los trabajos. Debiendo acreditar previamente que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos jerárquicos, para ser utilizado restrictivamente, pero con criterio.

#### **7.4.3. MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS**

No se manipularán manualmente por un solo trabajador más de 25kg. Para el levantamiento de una carga es obligatorio lo siguiente:

- Asentar los pies firmemente manteniendo entre ellos una distancia similar a la anchura de los hombros, acercándose lo más posible a la carga.
- Flexionar las rodillas, manteniendo la espalda erguida.

- Agarrar el objeto firmemente con ambas manos si es posible.
- El esfuerzo de levantar el peso lo debe realizar los músculos de las piernas.
- Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible del cuerpo, debiéndose evitar los giros de cintura.

Para el manejo de las cargas largas por una sola persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:

- Llevará la carga inclinada por uno de los extremos, hasta la altura del hombro.
- Avanzará desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.
- Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.
- Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.
- Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar aristas afiladas.
- Es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios, para aportar el esfuerzo al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición de que sea conocido o convenido por el equipo.

#### **7.4.4. MANIPULACIÓN DE CARGAS CON LA GRÚA**

En todas aquellas operaciones que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

- Señalar de forma visible la carga máxima que pueda elevarse mediante el aparato elevador utilizado.
- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Emplear para la elevación de materiales recipientes adecuados que los contengan, o se sujeten las cargas de forma que se imposibilite el desprendimiento parcial o total de las mismas.
- Las eslingas llevarán placa de identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas.
- De utilizar cadenas, estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a cinco de la carga nominal máxima. Estarán libres de nudos y se enrollarán en tambores o polichas adecuadas.
- Para la elevación y transporte de piezas de gran longitud se emplearán paloniers o vigas de reparto de cargas, de forma que permita esparcir la luz entre apoyos, garantizando de esta forma la horizontalidad y estabilidad.
- El gruísta antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera. Si durante el funcionamiento de

la grúa se observara inversión de movimientos, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la dirección técnica de la obra.

#### **7.4.5.1. DISPOSICIONES MÍNIMAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A PUESTOS DE TRABAJO EN EL EXTERIOR DE LOS LOCALES**

Observación preliminar; las obligaciones previstas en la presente parte del anexo se paliarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

▪ *Estabilidad y solidez:*

- Los puestos de trabajo móviles o fijos situados por encima o por debajo del nivel del suelo deberán ser sólidos y estables teniendo en cuenta el número de trabajadores que los ocupen.
- Las cargas máximas que, en su caso, puedan tener que soportar, así como su distribución.
- Los factores externos que pudiera afectarles.
- En caso de que los soportes y los demás elementos de estos lugares de trabajo no poseeran estabilidad propia, se deberán garantizar su estabilidad mediante elementos de fijación apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado o involuntario del conjunto o de parte de dichos puestos de trabajo.
- Deberá verificarse de manera apropiada la estabilidad y la solidez, y especialmente después de cualquier modificación de la altura o de la profundidad del puesto de trabajo.

▪ *Caída de objetos:*

- Los trabajadores deberán estar protegidos contra la caída de objetos o materiales, para ello se utilizarán siempre que sea técnicamente posible, medidas de protección colectiva.
- Cuando sea necesario, se establecerán pasos cubiertos o se impedirán el acceso a zonas peligrosas.
- Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán colocarse o almacenarse de forma que se evite su desplome, caída o vuelco.



■ *Caídas de altura:*

- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a dos metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de noventa centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse en principio, con la ayuda de equipos concebidos para el fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberán disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, periodo de no utilización o cualquier otra circunstancia.

■ *Factores atmosféricos:*

- Deberán protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y salud.

■ *Andamios y escaleras:*

- Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplome o se desplacen accidentalmente.
- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas tengan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vaya a utilizarlos.
- Los andamios deberán ir inspeccionados por una persona competente:
  - Antes de su puesta en servicio.
  - A intervalos regulares en lo sucesivo.
  - Después de cualquier modificación, periodo de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.
- Los andamios móviles deberán asegurarse contra posdesplazamientos involuntarios.
- Las escaleras de mano deberán cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.



■ *Aparatos elevadores:*

- Los aparatos elevadores y los accesorios de izado utilizados en la obra, deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los aparatos elevadores y los accesorios de izado deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- Los aparatos elevadores y los accesorios e izado incluido sus elementos constructivos, sus elementos de fijación, anclaje y soportes, deberán:
  - Ser un buen diseño y construcción y tener una resistencia suficiente para el uso al que estén destinados.
  - Instalarse y utilizarse correctamente.
  - Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido una formación adecuada.
  - En los aparatos elevadores lo mismo que sus accesorios de izado se deberá colocar de manera visible, la indicación del valor de su carga máxima.
- Los aparatos elevadores lo mismo que sus accesorios no podrán utilizarse para fines distintos de aquellos a los que estén destinados.

■ *Vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales:*

- Los vehículos y maquinaria para movimiento de tierra y manipulación de materiales deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso y a salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, los vehículos y maquinaria para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimientos de tierras y para manipulación de materiales deberán:
  - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
  - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
  - Utilizarse correctamente.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- Deberán adoptarse medidas preventivas para evitar que caigan en las excavaciones o en el agua vehículos o maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales.
- Cuando sea adecuado, las maquinarias para movimientos de tierras y manipulación de materiales deberán estar equipadas con estructuras concebidas para proteger el conductor contra el aplastamiento, en caso de vuelco de la máquina, y contra caída de objetos.

■ *Instalaciones, máquinas y equipo:*

- Las instalaciones, máquinas y equipos utilizados en las obras deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso, y a salvo de las disposiciones específicas de la normativa citada, las instalaciones, máquina y equipos deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- Las instalaciones, máquinas y equipos incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:
  - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
  - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
  - Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.
  - Ser manejados por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.
- Las instalaciones y los aparatos a presión deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.

■ *Movimientos de tierras, excavaciones, pozos, trabajos subterráneos y túneles:*

- Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución.
- En las excavaciones, pozos, trabajos subterráneos o túneles deberán tomarse las precauciones adecuadas:
  - Para prevenir los riesgos de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante sistemas de entibación, blindaje, apeo, taludes y otras medidas adecuadas.
  - Para prevenir la irrupción accidental de agua mediante los sistemas de medidas adecuados.
  - Para garantizar una ventilación suficiente en todos los lugares de trabajo de manera que se mantenga una atmósfera apta para la respiración que no sea peligrosa o nociva para la salud.
- Deberán preverse vías seguras para entrar y salir de la excavación.
- Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento deberán mantenerse de las excavaciones o deberán tomarse las medidas adecuadas en su caso mediante la construcción de barreras, para evitar su caída en las mismas o el derrumbamiento del terreno.

■ *Instalaciones de distribución de energía:*

- Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que están sometidas a factores externos.

- Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.
  - Cuando existen líneas de tendido eléctrico aéreas que puedan afectar a la seguridad en la obra será necesaria desviarlas fuera del recinto de obra o dejarlas sin tensión. Si esto no fuera posible, se colocarán barreras o avisos para que los vehículos y las instalaciones se mantengan alejados de las mismas.
  - En caso de que vehículos de la obra tuvieran que circular bajo el tendido se utilizara una señalización de advertencia y una protección de delimitación de altura.
- *Estructuras metálicas o de hormigón, encofrados y piezas prefabricadas pesadas:*
- Estructuras metálicas o de hormigón y sus elementos, los encofrados, las piezas prefabricadas pesadas o los soportes temporales y los apuntalamientos sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control y dirección de una persona competente.
  - Los encofrados, los soportes temporales y los apuntalamientos deberán proyectarse, calcularse, montarse y mantenerse de manera que puedan soportar sin riesgo las cargas a que sean sometidos.
  - Deberán adoptarse las medidas necesarias para proteger a los trabajadores contra los peligros derivados de la fragilidad o inestabilidad temporal de la obra.
- *Otros trabajos específicos:*
- Los trabajos de derribo o demolición que puedan suponer un peligro para los trabajadores deberán estudiarse, planificarse y emprenderse bajo la supervisión de una persona competente y deberán realizarse adoptando las precauciones, métodos y procedimientos apropiados.
  - En los trabajos en los tejados deberán adoptarse medidas de protección colectiva que sean necesarias en atención a la altura, inclinación o posible carácter o estado resbaladizo, para evitar la caída de trabajadores, herramientas o materiales. Asimismo cuando haya que trabajar sobre o cerca de superficies frágiles, se deberán tomar las medidas preventivas adecuadas para evitar que los trabajadores las pisen inadvertidamente o caigan a través suyo.
  - Los trabajos con explosivos, así como los trabajos en cajones de aire comprimido se ajustarán en su normativa específica.
  - Las ataguías deberán estar bien construidas, con materiales apropiados y sólidos, con una resistencia suficiente y provistas de un equipamiento adecuado para que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de irrupción de agua y materiales.
  - La construcción, el montaje, la transformación o el desmontaje de una ataguía deberá realizarse únicamente bajo la vigilancia de una persona competente. Asimismo las ataguías deberán ser inspeccionadas por una persona competente a intervalos regulares.

#### 7.4.5.2. NORMATIVA PARTICULAR A CADA FASE DE LA OBRA

- *Trabajos en redes eléctricas*

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberán haber ponderado la posibilidad de adoptar alguna de las siguientes alternativas:

- Tender a la normalización y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir adaptaciones artesanales y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.
- Se procurará proyectar con tendencia a la supresión de operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando de esta forma la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.
- En general las vallas o palenques acotarán no menos de 1 metro el paso de peatones y 2 metros el de vehículos.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes operaciones:

- Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.
- Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público, si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.
- Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

Protecciones personales:

- Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.
- En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornes o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: casco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color óptimamente neutro, guantes dieléctricos (en la actualidad se fabrican hasta 30000V), o si se requiere de mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de tacto en piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión; se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica).

Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas, se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado con métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un jefe de trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo. Las herramientas que utilicen y prendas de protección personal deberán ser homologadas.

Al realizar trabajos en proximidad de tensión, se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones:

- En un primer momento se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen riesgo.
- Si no es posible cortar la tensión se protegerá mediante mamparas aislantes (vinilo).

▪ *Compactación y consolidación de terrenos*

La dirección facultativa deberá haber previsto tras los estudios geológicos y históricos, urbanísticos del solar y los datos aportados por las compañías suministradoras de servicios urbanos, la existencia de depósitos o canalizaciones enterradas, así como filtraciones de productos químicos o residuos de plantas industriales de proceso, próximas a la zona afectada por el talud, debiendo tomar las decisiones oportunas en cuanto a comunicación a las compañías de los servicios afectados y mediciones de toxicidad, límites de explosividad o análisis complementarios, previos a la realización de los trabajos. De la misma forma se procederá ante la detección de minas, simas, corrientes subterráneas, pozos, etc.

La determinación de la inclinación de taludes es también competencia de la dirección facultativa y reflejados en la documentación técnica, que deberá consensuar con el contratista ejecutor de los trabajos para fijar el tipo de desnivel más adecuado y medidas adicionales de contención de los terrenos en función de los mismos y de los recursos disponibles, así como de los usos y costumbres de la zona.

La documentación técnica deberá haber contemplado los siguientes extremos:

- Características del terreno.
- Componentes del suelo.
- Granulometría.
- Densidad.
- Ángulo de rozamiento interno.
- Grado de saturación.

- Permeabilidad.
- Plasticidad.
- Consistencia.
- Compacidad.
- Resistencia a la compresión.
- Helacidad.
- Nivel de la capa freática.
- Empuje activo.
- Forma de ejecución del talud.
- Profundidad.
- Sección.
- Maquinaria a utilizar.
- Acopio y acarreo.
- Movimiento de maquinaria y vehículos de transporte.
- Factores internos.
- Forma y alteraciones de las capas estratificadas.
- Zonas plásticas.
- Agrietamiento.
- Asentamientos.
- Tendidos eléctricos subterráneos y conducciones de agua y gas.
- Factores externos.
- Sobrecargas.
- Edificaciones próximas.
- Pavimentación preexistente.
- Tierras extraídas.
- Maquinaria y elementos de transporte.
- Vibraciones.
- Por maquinaria y transporte interno.
- Proximidad a calzadas con tráfico.
- Trabajos de pilotaje próximos.
- Climáticos.
- Afectación de líneas y servicios.
- Ataluzado de paredes.
- Entibación complementaria.
- Apeos y recales complementarios.
- Barandillas.
- Paso sobre zanjas.

Los operadores de la maquinaria empleada en las tareas de ejecución y saneo de taludes, deberán estar habilitados por escrito para ello por su responsable técnico superior y conocer las reglas y reconocimientos que vienen especificadas en el manual de conducción y mantenimiento suministrado por el fabricante de la máquina, asegurándose igualmente de que el mantenimiento ha sido efectuado y que la máquina está a punto para el trabajo.

En la fase de excavación se habrán neutralizado o protegido las acometidas de las instalaciones, de acuerdo con las compañías suministradoras.

Se obturará el alcantarillado y se comprobará si se han vaciado todos los depósitos y tuberías de antiguas construcciones.

En el perímetro de las zonas excavadas, al comienzo de los trabajos, y siempre que sea previsible el paso de peatones o vehículos junto al borde del corte del terreno, se dispondrán vallas o palenques móviles que se iluminarán cada 10m con puntos de luz portátil y grado de protección conforme a la norma UNE 20.324. En general las vallas o palenques móviles acotarán no menos de 1m el paso de peatones y 2m el de vehículos. Cuando los vehículos circulen en dirección normal al corte, la zona acotada se ampliará en esa dirección a dos veces la profundidad del talud y no menos de 4m cuando sea preciso la señalización vial de reducción de velocidad.

Se protegerán los elementos de Servicio Público que puedan ser afectados por el talud, como bocas de riego, tapas y sumideros de alcantarillas. Árboles, farolas, etc.

Se establecerá el sistema de drenaje provisional, para impedir la acumulación de aguas superficiales que puedan perjudicar el talud, servicios o cimentaciones de fincas colindantes.

De forma general, el acopio de materiales y las tierras extraídas en desmontes con taludes de profundidad superior a 1,50m, se dispondrá a distancia no menor de 2m del corte.

Los huecos horizontales que puedan quedar al descubierto sobre el terreno a causa de los trabajos, cuyas dimensiones puedan permitir la caída de personas a su interior, deberán ser condenados al nivel de la cota de trabajo instalando si es preciso pasarelas completas y reglamentarias para los viandantes o personal de obra.

Siempre que exista la posibilidad de caída de altura de operarios que realicen tareas esporádicas a más de 2m, deberán utilizar cinturón de sujeción amarrados a punto sólido o sirga de desplazamiento.

No se suprimirán los elementos atirantados o de arriostramiento en tanto en cuanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos.

Inversamente, se procederá al tiramiento de aquellos árboles de gran porte, o apuntalados y reforzados los elementos verticales o masas rocosas que eventualmente durante alguna parte de la operación de saneo y retirada, amenacen con equilibrio inestable. Especialmente se reforzará ésta medida si la situación se produce por interrupción de trabajo al finalizar la jornada.

Los lentejones de roca y/o construcción que traspasen los límites del talud, no se quitarán ni descalzarán sin previa autorización de la Dirección Facultativa.



La maquinaria utilizada para los trabajos de excavación y terraplenado estará asentada sobre superficies de trabajo suficientemente sólidas, y a criterio de la Dirección Facultativa, capaz de soportar sobradamente, los pesos propios y las cargas dinámicas añadidas por efecto de las tareas a realizar. Los estabilizadores y elementos de lastrado y asentamiento estable de la maquinaria, estarán emplazados en los lugares previstos por sus respectivos fabricantes.

Durante los trabajos pueden aparecer elementos arquitectónicos o arqueológicos y/o artísticos ignorados, de cuya presencia debe darse cuenta al Ayuntamiento y suspender cautelarmente los trabajos en esa área de la obra.

Los artefactos o ingenios bélicos que pudieran asimismo aparecer, deberán inmediatamente ponerse en conocimiento de la Guardia civil.

La aparición de depósitos o canalizaciones enterradas, así como filtraciones de productos químicos o residuos de plantas de proceso industrial, en el subsuelo, deben ser puestos en conocimiento de la dirección Facultativa de la obra, para que adopte las órdenes oportunas en lo relativo a mediciones de toxicidad, límites de explosividad o análisis complementarios, previos a la reanudación de los trabajos, de igual forma se procederá ante la aparición de minas, simas, corrientes subterráneas, pozos, etc.

Es recomendable que el personal que intervenga en los trabajos, tengan actualizadas y con las dosis de refuerzo preceptivas, las correspondientes vacunas antitetánica y antitífica.

Los taludes, si han de mantenerse durante largo tiempo, en espera de la reforestación, habrán de ser protegidos de la lluvia, utilizando para ello láminas de plástico o plantaciones que contengan la capa exterior de subsuelo. En cualquier caso, debe establecerse una vigilancia sobre la acción de agua o desecación, o en su caso de la nieve, sobre la influencia en su estabilidad, de la maquinaria pesada o vibratoria que haya en sus inmediaciones y de las cargas estáticas que puedan haberse colocado en sus bordes.

Es buena norma la de dar a los taludes ángulos iguales a los observados para el mismo terreno en sus inmediaciones, siempre que no existan corrientes de agua que puedan socavar el talud a crear. Cuanto más viejo sea el talud modelo, más garantías se tendrá al imitarlo. La orientación del talud, que vamos a copiar, o fluxión podrían ser distintos en otras orientaciones.

Son especialmente delicados los taludes con arcillas en presencia de aguas, ya sean de lluvias o subterráneas, pues pueden llegar a comportarse como auténticos fluidos y tomar pendientes de 10% o menores.

En los terrenos rocosos es imprescindible analizar el buzamiento de los estratos y vigilar el grado de figuración. Las materias que puedan existir entre estratos pueden llegar a comportarse como lubricantes facilitando los deslizamientos.



Como ya se ha indicado, debe evitarse a toda costa, amontonar productos procedentes de la excavación en los bordes de los taludes ya que, además de la sobrecarga que puedan representar, pueden llegar a embalsar aguas originando filtraciones que pueden llegar a arruinar el talud.

Es una buena técnica crear bermas en taludes de alturas de más de 1,5m.

#### ▪ *Demolición mecánica*

Los operarios de la maquinaria empleada en la demolición deberán conocer las reglas y recomendaciones que vienen especificadas en el manual de conducción y mantenimiento suministrado por el fabricante de la máquina, asegurándose igualmente de que el mantenimiento ha sido efectuado y que la máquina está a punto para el trabajo.

Antes de poner el ingenio en marcha, el operador deberá realizar una serie de controles, de acuerdo con el manual del fabricante, tales como:

- Mirar alrededor de la máquina para observar posibles fugas de aceite, las piezas o conducciones en mal estado, etc.
- Comprobar los faros, las luces de posición, los intermitentes y luces de stop.
- Comprobar el estado de los neumáticos en cuanto a presión y cortes de los mismos, o estados de las orugas y sus elementos de engarce, en los casos que proceda.
- Todos los dispositivos indicados para las máquinas utilizadas en demolición, en el apartado “Medios Auxiliares” deberán estar en su sitio, y en perfectas condiciones de eficacia preventiva.
- Comprobar los niveles de aceite y agua.
- Limpiar los limpiaparabrisas, los espejos y retrovisores antes de poner en marcha la máquina, quitar todo lo que pueda dificultar la visibilidad.
- No dejar trapos en el compartimento del motor.
- El puesto de conducción debe estar limpio, quitar los restos de aceite, grasa o barro del suelo, las zonas de acceso a la cabina y los agarraderos.
- No dejar en el suelo de la cabina de conducción objetos diversos tales como herramientas, trapos, etc. Utilizar para ello la caja de herramientas.
- Comprobar la altura del asiento del conductor, su comodidad y visibilidad desde el mismo.

Al realizar la puesta en marcha e iniciar los movimientos con la máquina, el operador deberá especialmente:

- Comprobar que ninguna persona se encuentra en las inmediaciones de la máquina y si hay alguien, alertar de la maniobra para que se ponga fuera de su área de influencia.
- Colocar todos los mandos en punto muerto.
- Sentarse antes de poner en marcha el motor.

- Quedarse sentado al conducir.
- Verificar que las indicaciones de los controles en funcionamiento en locales cerrados sin filtro correspondiente que regule las emisiones de monóxido de carbono.
- En lugar despejado y seguro verificar el buen funcionamiento de los frenos principales y de parada, hacer girar el volante en los dos sentidos a pequeña velocidad o maniobrando las palancas, colocar las diferentes velocidades.

Antes de iniciar, la demolición se neutralizarán las acometidas de las instalaciones, de acuerdo con la compañía suministradora. Se obturará el alcantarillado y se revisarán los locales del edificio, comprobando que no existe almacenamiento de materiales combustibles o peligrosos, ni otras derivaciones de instalaciones que no procedan de las tomas del edificio, así como si se han vaciado todos los depósitos y tuberías.

▪ *Excavación mecánica de zanjas*

- La existencia o no de conducciones eléctricas o de gas a fin de solicitar a la compañía correspondiente la posición y solución a adoptar, así como la distancia de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.
- Planos de la existencia de colectores, desagües y galerías de servicios.
- Estudio geológico y geofísico del terreno en el que se va proceder a la excavación a fin de detectar la presencia de cables o conducciones subterráneas.
- Estudio de las edificaciones colindantes de la zona a excavar.
- Estudio de la climatología del lugar a fin de controlar el agua tanto subterránea como procedente de la lluvia.
- Detección de pequeñas cavidades por medio de estudios microgravimétricos.
- Presencia de árboles colindantes con raíces profundas que pueden posibilitar el desprendimiento de la masa del terreno asentado.

Con todos estos datos, se seleccionarán las técnicas más adecuadas a emplear en cada caso concreto, y las mayores garantías de seguridad ofrezca a los trabajadores que ejecutan la obra.

Se protegerán los elementos de Servicio Público que puedan ser afectados por la excavación. Como bocas de riego, tapas, sumideros de alcantarillado, farolas, etc.

Deberán estar perfectamente localizados todos los servicios afectados, ya sea de agua, gas o electricidad que puedan existir dentro del radio de acción de la obra de excavación, y gestionar con la compañía suministradora su desvío o su puesta fuera de servicio.

La zona de trabajo estará rodeada de una valla o verja de altura no menor de 2m. Las vallas se situarán a una distancia del borde de la excavación no menor de 1,50m.

Cuando sea previsible el paso de peatones o vehículos junto al borde de la excavación se dispondrá de vallas o palenques móviles que iluminarán cada 10m con puntos de luz portátil y grado de protección no menor de IP-44 según UNE 20.234.

En general las vallas o palenques acortarán no menos de 1m el pase de peatones y 2m el de vehículos.

Cuando se tengan que derribar árboles, se acotará la zona, se cortarán por su base atirantándolos previamente y batiéndolos en última instancia.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable y necesario, tales como palas, picos, barras, así como tablonés, puntales, y las prendas de protección individual como cascos, gafas, guantes, botas de seguridad homologadas, impermeables y otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer y evacuar a los operarios que puedan accidentarse.

Las excavaciones de zanjas se ejecutarán con inclinación de talud adecuada a las características del terreno, debiéndose considerar peligrosa toda excavación cuya pendiente sea superior a su talud natural.

Cuando no sea posible emplear taludes como medidas de protección contra desprendimiento de tierras en la excavación de zanjas y haya que realizar éstas mediante cortes verticales, deberán ser entibadas sus paredes a una profundidad igual o superior a 1,3m.

En cortes de profundidad mayor de 1,3m las entibaciones deberán sobrepasar, como mínimo 20cm en el nivel superior del terreno y 75cm en el borde superior de laderas.

En general las entibaciones se quitarán cuando a juicio de la Dirección Facultativa ya no sean necesarias y por franjas horizontales empezando siempre por la parte inferior del corte.

Se evitará golpear la entibación durante las operaciones de excavación. Los codales, o elementos de la misma, no se utilizarán para el acceso o el descenso, ni se utilizarán para la suspensión de conducciones o apoyo de cargas.

No deben retirarse las medidas de protección de una excavación mientras haya operarios trabajando a una profundidad igual o superior a 1,3m bajo el nivel del terreno.

En excavaciones de profundidad superior a 1,3m, siempre que haya operarios trabajando en su interior, se mantendrá uno siempre de retén en el exterior que podrá actuar como ayudante de trabajo y dará la alarma en caso de producirse alguna emergencia.

Las zanjas superiores a 1,3m de profundidad, estarán provistas de escaleras preferentemente metálicas, que rebasen en un metro el nivel superior de corte, disponiendo de una escalera por cada 30m de zanja abierta o fracción de este valor, que deberá estar libre de obstáculos y correctamente arriostrada.

Siempre que sea previsible el paso de peatones o vehículos junto al borde de las zonas de desborde con el corte del terreno, se dispondrán vallas o palenques móviles que se iluminarán cada 10m con puntos de luz portátil y grado de protección conforme a norma UNE 20.324.

En general las vallas o palenques acotarán no menos de 1m el paso de peatones y 2m el de vehículos.

Cuando los vehículos circulen en dirección normal al corte, la zona acotada se ampliará. Cuando los vehículos circulen en dirección normal al corte, la zona acotada se ampliará en esa dirección a dos veces la profundidad del talud y no menos de 4m cuando sea preciso la señalización vial de reducción de velocidad.

El acopio de materiales y las tierras extraídas en desmontes con cortes de profundidad superior a 1,3m se dispondrá a distancia del corte no menor a 2m del borde del corte. Cuando las tierras extraídas estén contaminadas, se desinfectarán, en la medida de lo posible, así como la superficie de las zonas desbrozadas.

Los huecos horizontales que puedan aparecer en el terreno a causa de los trabajos, cuyas dimensiones sean suficientes para permitir la caída del trabajador, deberán ser tapados al nivel de cota de trabajo.

Siempre que la posibilidad de caída de altura de un operario sea superior a 2m éste utilizará cinturón de sujeción amarrado a punto sólido.

No se suprimirán los elementos atirantados o de arriostramiento en tanto no se supriman o contrarresten las tensiones que inciden sobre ellos.

Se evitará la formación de polvo regando ligeramente la superficie a desbrozar así como la zona de paso de vehículos rodados.

Se procederá al atirantado de aquellos árboles de gran porte o apuntalados y reforzados los elementos verticales que eventualmente durante alguna parte de la operación de saneo y retirada, amenacen con equilibrio inestable. Especialmente se reforzará esta medida si la situación se produce por interrupción del trabajo al finalizar la jornada.

Los artefactos o ingenios bélicos que pudieran aparecer, deberán ponerse inmediatamente en conocimiento de la Comandancia más próxima de la Guardia Civil.

La aparición de depósitos o canalizaciones enterradas, así como filtraciones de productos químicos o residuos de plantas industriales próximas al solar a desbrozar, deben ser puestos en conocimiento de la Dirección Facultativa de la obra, para que tome las decisiones oportunas en cuanto a mediciones de toxicidad, límites de explosividad o análisis complementarios, previos a la continuación de los trabajos, de la misma forma se procederá ante la aparición de minas, simas, corrientes subterráneas, pozos, etc.

Los operadores de la maquinaria empleada en las tareas de excavación de zanjas, deberán estar habilitados por escrito para ello y conocer las reglas y recomendaciones que vienen especificadas en el manual de conducción y mantenimiento suministrado por el fabricante de la máquina asegurándose igualmente de que el mantenimiento ha sido efectuado y que la máquina estará a punto para el trabajo.

Antes de poner la máquina en marcha, el operador deberá realizar una serie de controles, de acuerdo con el manual del fabricante, tales, como:

- Mirar alrededor de la máquina para observar las posibles fugas de aceite, las piezas o conducciones en mal estado, etc.
- Comprobar los faros, luces de posición, los intermitentes y luces de freno.
- Comprobar el estado de los neumáticos en cuanto a presión y cortes en los mismos, o estado de las orugas y sus elementos de engarce, en los casos que proceda.
- Todos los dispositivos indicados para las máquinas utilizadas en el desbroce, en el apartado “Medios auxiliares ” deberán estar en el sustillo, y en perfectas condiciones de eficacia preventiva.
- Comprobar los niveles de aceite y agua.
- Limpiar los limpiaparabrisas, los espejos, y retrovisores antes de poner en marcha la máquina, quitar todo lo que pueda dificultar la visibilidad.
- No dejar trapos en el compartimiento del motor.
- El puesto de conducción debe estar limpio, quitar los restos de aceite, grasa o barro del suelo, las zonas de acceso a la cabina y los agarraderos.
- No dejar en el suelo de la cabina de conducción objetos tales como herramientas, trapos, etc. Utilizar para ello la caja de herramientas.
- Comprobar la altura del asiento del conductor, su comodidad y visibilidad desde el mismo.

Al realizar la puesta en marcha e iniciar los movimientos con la máquina, el operador deberá especialmente:

- Comprobar que ninguna persona se encuentra en las inmediaciones de la máquina, y si hay alguien alertar de la maniobra para que se ponga fuera de su área de influencia.
- Colocar todos los mandos en punto muerto.

- Sentarse antes de poner en marcha el motor.
- Quedarse sentado al conducir.
- Verificar que las indicaciones de controles son normales.
- No mantener el motor de explosión en funcionamiento en locales cerrados sin filtro correspondiente que regule las emisiones de monóxido de carbono.
- En lugar despejado y seguro verificar el buen funcionamiento de los frenos principales y de parada, hacer girar el volante en los dos sentidos a pequeña velocidad o maniobrando palancas, colocar las diferentes velocidades.

En caso de encontrarse con una línea eléctrica no prevista, inicialmente se deberán adoptar algunas de las siguientes medidas preventivas:

- Suspender los trabajos de excavación en las proximidades de la línea.
- Descubrir la línea sin deteriorarla y con suma precaución.
- Proteger la línea para evitar su deterioro, impedir el acceso de personal a la zona e informar a la compañía suministradora.
- Todos los trabajos que se realicen en las proximidades de líneas en tensión, deberán contar con la presencia de un vigilante de la compañía suministradora.

## **7.5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **7.5.1. VÍAS DE CIRCULACIÓN Y ZONAS PELIGROSAS**

Las vías de circulación, incluidas las escaleras, las escaleras fijas y los muelles y rampas de carga deberán estar calculados, situados, acondicionados y preparados para uso de manera que se puedan utilizar fácilmente, con toda seguridad y conforme al uso al que se les haya destinado y de forma que los trabajadores empleados en las proximidades de estas vías de circulación no corran riesgo alguno.

Las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de mercancías, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de carga y descarga, se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad.

Cuando se utilicen medios de transporte en las vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente o medios e protección adecuados para las demás personas que puedan estar presentes en el recinto.

Se señalizarán claramente las vías y se procederá regularmente a su control y mantenimiento.

Las vías de circulación destinadas a los vehículos deberán estar situadas a una distancia suficiente de las puertas, portones, pasos de peatones, corredores y escaleras.

Si en la obra hubiera zonas de acceso limitado, dichas zonas deberán estar equipadas con dispositivos que eviten que los trabajadores no autorizados puedan penetrar en ellas. Se deberán tomar todas las medidas adecuadas para proteger a los trabajadores que estén autorizados a penetrar en las zonas de peligro. Estas zonas deberán estar señalizadas de modo claramente visible.

### **7.5.2. MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA Y EQUIPOS**

- Colocar la máquina en terreno llano.
- Bloquear las ruedas o las cadenas.
- Apoyar en el terreno el quipo articulado. Si por causa de fuerza mayor ha de mantenerse levantado, deberá de inmovilizarse adecuadamente.
- Desconectar la batería para impedir un arranque súbito de la máquina.
- No permanecer entre las ruedas, sobre las cadenas, bajo la cuchara o el brazo.
- No colocar nunca una pieza metálica encima de los bornes de la batería.
- No utilizar nunca un mechero o cerillas para iluminar el interior del motor.
- Disponer en buen estado de funcionamiento y conocer el manejo del extintor.
- Conservar la máquina en un estado de limpieza aceptable.

### **7.5.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO GENERAL**

El articulado y Anexos del Real Decreto 1215/97 de 18 de Julio indica obligatoriedad por parte del empresario de adoptar las medidas preventivas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y salud de los trabajadores al utilizarlos.

Si esto no fuera posible, el empresario adoptará las medidas adecuadas para disminuir esos riesgos al mínimo.

Como mínimo, sólo deberán ser utilizados equipos que satisfagan las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y las condiciones generales previstas.

Cuando el equipo requiera una utilización de manera o forma determinada se adoptarán las medidas adecuadas que se reserven el uso a los trabajadores especialmente designados a ellos.

El empresario adoptará las medidas necesarias para que mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en condiciones tales que satisfagan lo exigido por ambas normas citadas.

Son obligatorias las comprobaciones previas al uso, las previas a la reutilización tras cada montaje, tras el mantenimiento o reparación, tras exposiciones a influencias susceptibles de producir deterioros y tras acontecimientos excepcionales.



Todos los equipos, de acuerdo con el artículo 41 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (ley 31/95), estarán acompañados de instrucciones adecuadas de funcionamiento y condiciones para las cuales tal funcionamiento es seguro para los trabajadores.

Los artículos 18 y 19 de citada ley, indican la información y formación adecuadas que los trabajadores deben recibir previamente a la utilización de tales equipos.

El constructor, justificará que todas las máquinas, herramientas, máquinas herramientas y medios auxiliares, tienen su correspondiente certificación –CE- y que el mantenimiento preventivo, correctivo y la reposición de aquellos elementos que por deterioro o desgaste normal de uso, haga desaconsejable su utilización, sea efectivo en todo momento.

Los elementos de señalización se mantendrán en buenas condiciones de visibilidad y en los casos que se considere necesario, se regarán las superficies de tránsito para eliminar los ambientes polvorientos, y con ello la suciedad acumulada sobre tales elementos.

La instalación eléctrica provisional de obra se revisará periódicamente, por parte de un electricista, se comprobarán las protecciones diferenciales, magnetotérmicas, toma de tierra y los defectos de aislamiento.

En las máquinas eléctricas portátiles, el usuario revisará diariamente los cables de alimentación y conexiones, así como el correcto funcionamiento de sus protecciones.

Las instalaciones, máquinas y equipos, incluidas las de mano, deberán:

- Estar bien proyectados y contruidos teniendo en cuenta los principios de la ergonomía.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Utilizarse exclusivamente para los trabajadores que hayan sido formados adecuadamente.

Las herramientas manuales serán revisadas diariamente por su usuario, reparándose o sustituyéndose según proceda, cuando su estado denote un mal funcionamiento o represente un peligro para su usuario (mangos agrietados o astillados).

#### **7.5.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARTICULAR A CADA FASE DE OBRA**

- Trabajos en redes eléctricas

Medidas preventivas de esta fase de obra ya incluidas en el epígrafe de medidas preventivas generales.

- Compactación y consolidación de terrenos



Al suspender los trabajos, no deben de quedar elementos o cortes del terreno en equilibrio inestable. En caso de imposibilidad material, de asegurarse estabilidad provisional, se aislarán mediante obstáculos físicos y se señalizará la zona susceptible de desplome. En cortes del terreno es buena medida preventiva asegurar el mantenimiento de la humedad del propio terreno facilitando su cohesión con una cobertura provisional de plástico polietileno de galga 300.

Realizada la excavación y ataluzado de la misma, se efectuará una revisión general de las lesiones ocasionadas en construcciones circundantes (edificaciones medianeras, sumideros, arquetas, pozos, colectores, servicios urbanos y líneas afectadas), restituyéndolas al estado previo al inicio de los trabajos.

- Demolición mecánica

La empresa contratista principal de la demolición, deberá demostrar que dispone de un programa de homologación de proveedores, normalización de herramientas, máquinas herramientas y medios auxiliares, mantenimiento correctivo y reposición, de aquellos cuyo deterioro por el desgaste normal de uso, desaconsejara su utilización en la doble vertiente de calidad y seguridad en el trabajo, durante este derribo.

Debe comprobarse que tras la eliminación y descarga de partes de la edificación no se ha dañado directamente por roturas las partes a conservar

Al suspender los trabajos, no deben quedar partes en equilibrio inestable. En caso de imposibilidad material, se aislará mediante obstáculos físicos y se señalizará la zona susceptible de desplome.

Se procederá a la restitución de la vegetación y árboles de gran porte cuya servidumbre de mantenimiento era previa a la demolición.

Realizada la demolición, se efectuará una revisión general de las lesiones ocasionadas en las construcciones circundantes (edificaciones medianeras, sumideros, raquetas, pozos, colectores, servicios urbanos y líneas afectadas), restituyéndolas al estado previo al inicio de los trabajos.

Se comprobará con posterioridad a la demolición, el mantenimiento de las condiciones de orden legal, servidumbres y derechos que aparecen y desaparecen, como consecuencia de la misma así como las posibles repercusiones de tipo técnico y económico de la nueva situación del solar.

Se comprobará con posterioridad a la demolición, la nueva situación urbanística y su impacto en el entorno por la desaparición de la edificación y la nueva configuración a adoptar con relación a las condiciones de partida previas a la demolición.

- Excavación mecánica-zanjas

La empresa contratista de la excavación, deberá demostrar que dispone de un programa de homologación de proveedores, normalización de herramientas, máquinas herramientas y medios auxiliares, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y reposición, de aquellos que por deterioro o desgaste normal de uso, desaconsejará su utilización en la doble vertiente de calidad y seguridad en el trabajo, durante esta excavación.

Los elementos de señalización se mantendrán en buenas condiciones de visibilidad y en los casos que se considere, regarán las superficies de tránsito para eliminar ambientes polvorientos.

Efectuar al menos trimestralmente una revisión a fondo de los elementos de los aparatos de elevación, prestando especial atención a cables, frenos, contactos eléctricos y sistemas de mando.

Se revisarán diariamente las entibaciones antes de iniciar los trabajos.

Se extremará esta precaución cuando los trabajos hayan estado interrumpidos más de un día y/o de alteraciones atmosféricas de lluvias o heladas.

Al suspender los trabajos, no deben quedar elementos o cortes del terreno en equilibrio inestable. En caso de imposibilidad, de asegurar su estabilidad provisional, se aislarán mediante obstáculos físicos y se señalizará la zona susceptible de desplome. En cortes del terreno es una buena medida preventiva asegurar el mantenimiento de la humedad del propio terreno facilitando su cohesión con una cobertura provisional de plástico polietileno de galga 300.

Realizada la excavación y entibado de la misma, se efectuará una revisión general de las lesiones ocasionadas en las construcciones circundantes (edificaciones medianeras, sumideros, arquetas, pozos, colectores, servicios urbanos y líneas afectadas), restituyéndolas al estado previo al inicio de los trabajos.

## **7.6. VIGILANCIA DE LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS EN LA OBRA**

Indica la ley de prevención de riesgos laborales (ley 31/95 de 8 de noviembre), en su Art. 22 que el empresario deberá garantizar a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes a su trabajo. Esta vigilancia sólo podrá llevarse a efecto con consentimiento del trabajador exceptuándose, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los que la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de un trabajador o para verificar si el

estado de salud de un trabajador puede constituir un peligro para sí mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa o cuando está establecido en una disposición legal en relación con la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

En todo caso se optará por aquellas pruebas y reconocimientos que produzcan las mínimas molestias al trabajador y que sean proporcionadas al riesgo.

Las medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona trabajadora y la confidencialidad de toda información relacionada con su estado de salud. Los resultados de tales reconocimientos serán puestos en conocimiento de los trabajadores afectados y nunca podrán ser utilizados con fines discriminatorios ni en perjuicio del trabajador.

El acceso a la información médica de carácter personal se limitará al personal médico y a las autoridades sanitarias que lleven a cabo la vigilancia de la salud de los trabajadores, sin que pueda facilitarse al empresario o a otras personas sin conocimiento expreso del trabajador.

No obstante lo anterior, el empresario y las personas y órganos con responsabilidades en materia de prevención serán informados de las conclusiones que se deriven de los reconocimientos efectuados en relación con la actitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de prevención y protección, a fin de que puedan desarrollar correctamente sus funciones en materias preventivas.

En los supuestos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo haga necesario, el derecho de los trabajadores a la vigilancia periódica de su estado de salud deberá ser prolongado más allá de la finalización de la relación laboral, en los términos que legalmente se permiten.

Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo por personal sanitario con competencia técnica, formación y capacidad acreditada. El Real Decreto 39/97 de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención, establece en su Art.37.3 que los servicios que desarrollen funciones de vigilancia y control de la salud de los trabajadores deberán contar con un médico especialista en medicina del trabajo o medicina de empresa y un ATS/DUE de empresa, sin perjuicio de la participación de otros profesionales sanitarios con competencia técnica, formación y capacidad acreditada.

La actividad a desarrollar deberá abarcar:

- Evaluación inicial de salud de los trabajadores después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud.
- Evaluación de la salud de los trabajadores que reanuden el trabajo tras una ausencia prolongada por motivos de salud, con la finalidad de descubrir sus eventuales orígenes profesionales y recomendar una acción apropiada para proteger a los trabajadores. Y, finalmente, una vigilancia de salud a intervalos periódicos.

La vigilancia de salud estará cometida a protocolos específicos u otros medios existentes con respecto a los factores de riesgo a los que esté sometido el trabajador. La periodicidad y contenido de los mismos se establecerá por la Administración siguiendo las recomendaciones de las sociedades científicas correspondientes. En cualquier caso incluirán historia clínico-laboral, descripción detallada del puesto de trabajo, tiempo de permanencia en cada uno de ellos.

El personal sanitario de servicio de prevención deberá conocer las enfermedades que se produzcan en los trabajadores y las ausencias al trabajo por motivos de salud para poder identificar cualquier posible relación entre la causa y los riesgos para la salud que puedan presentarse en los lugares de trabajo.

Este personal prestará los primeros auxilios y la atención de urgencia a los trabajadores víctimas de accidentes o alteraciones en el lugar de trabajo.

El Art.14 del anexo IV del Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre de 1997 por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, indica las características que debe reunir el lugar adecuado para la práctica de los primeros auxilios que habrán de instalarse en aquellas obras en las que por su tamaño o tipo de actividad así lo requieran.

## **7.7. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO EN MATERIA FORMATIVA ANTES DE INICIAR LOS TRABAJOS**

El artículo 19 de la ley de prevención de riesgos laborales (ley 31/95 de 8 de noviembre) exige que el empresario, en cumplimiento del deber de protección, deberá garantizar que cada trabajador reciba formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, a la contratación, y cuando ocurran cambios en los equipos, tecnologías o funciones que desempeñe.

Tal formación estará centrada específicamente en su puesto o función y deberá adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos. Incluso deberá repetirse si se considera necesario.

La formación referenciada deberá impartirse, siempre que sea posible, dentro de la jornada de trabajo, o en su defecto, en otras horas pero con descuento en aquella del tiempo invertido en la misma. Puede impartirla la empresa con sus medios propios o con otros concertados, pero su coste nunca recaerá en los trabajadores. Si retrata de personas que van a desarrollar en la empresa funciones preventivas de los niveles básicos, intermedio o superior, el Real Decreto 39/97 por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención indica, en sus anexos III y IV, los contenidos mínimos de los programas formativos a los que habrá de referirse la formación en materia preventiva.



## 8. LEGISLACIÓN

De la legislación señalada en el pliego de condiciones técnicas, es necesario recordar y señalar el obligado cumplimiento de las referidas a la seguridad e higiene en el trabajo, entre otras:

- Ordenanza del trabajo en la construcción.
- Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/1997 reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 1627/1997 disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1215/1997 disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.



Instalación eléctrica de una compraventa de automóviles  
Oscar Pardiñas García  
Estudio Básico de Seguridad y Salud

Pamplona, Noviembre del 2011  
Oscar Pardiñas García